



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERO INDUSTRIAL SUPERIOR

MODERNIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN EXISTENTE DE ASCENSORES

AUTOR: D. VÍCTOR BLANCO BLÁZQUEZ

TUTORA: DRA. MARÍA JESÚS LÓPEZ BOADA

TUTOR SCHINDLER: D. JOSE MARÍA MENÉNDEZ ARTIRIA

INDICE CONTENIDOS

Capítulo 1: Introducción	1
1.1 Objetivos	1
1.2 Alcance y estructura del proyecto.....	2
1.3 Punto de partida.....	2
Capítulo 2: Ascensores.....	3
2.1 Tipologías Básicas.....	3
2.1.1 Ascensores hidráulicos	3
2.1.2 Ascensores eléctricos	5
2.2 Elementos de un ascensor eléctrico	6
2.3 Tipos de Maniobra	9
2.3.1 Maniobra Universal	9
2.3.2 Maniobra Colectiva en descenso	9
2.3.3 Maniobra Colectiva-Selectiva en ascenso y descenso	10
2.3.4 Maniobra en conjunto (Dúplex, triplex).....	10
2.3.5 Maniobra de preasignación de cabina	11
Capítulo 3: Descripción de la instalación.....	12
Capítulo 4: Cálculos de Diseño	19
4.1 Evaluación del coeficiente de seguridad y elección de los cables de suspensión	19
4.2 Evaluación de la tracción.....	22
4.3 Motor	26
4.4 Guías de cabina y contrapeso	28
4.4.1 Esfuerzos de Pandeo	31
4.4.2 Esfuerzos de Flexión.....	33
4.4.3 Esfuerzos combinados.....	35
4.4.4 Torsión de la base de guía.....	36
4.4.5 Flechas.....	37
4.4.6 Estudio posterior de guías.....	38
4.5 Amortiguadores.....	41
4.6 Distancias de seguridad.....	45
Capítulo 5: Estudio de Tráfico.....	46
Capítulo 6: Estudio Energético	53
6.1 Certificación VDI.....	53
6.2 Eficiencia Energética	54

Modernización de una instalación de ascensores

6.2.1 Motores <i>Gearless</i> y variadores de frecuencia.....	56
6.2.2 Tecnología LED y tendencias actuales.....	56
6.2.3 Calculo Energético.....	59
Capítulo 7: Propuesta Económica	61
Capítulo 8: Conclusiones	63
8.1 Análisis de los objetivos	63
8.2 Futuros desarrollos.....	64
Bibliografía.....	65

INDICE FIGURAS

Figura 2.1 Equipo hidráulico [1].....	4
Figura 2.2 Acción indirecta	5
Figura 2.3 Directo Lateral y Figura 2.4 Directo Central	5
Figura 2.5 Motor de imanes permanentes	6
Figura 2.6 Ascensor sin cuarto de máquinas	6
Figura 2.7 Grupo Motor [4]	7
Figura 2.8 Pulsador de preasignación	11
Figura 4.1 Estructura de los cables DRAKO 300T [10]	21
Figura 4.2 Estructura cable de compensación [14]	23
Figura 4.3 MotorFMR355 [16]	28
Figura 4.4.1 Ejes de referencia de la guía	34
Figura 4.4.2 Ejes del estudio de guías	38
Figura 4.4.3 Medidas aceleraciones para el ascenso.....	39
Figura 4.4.4 Medidas aceleraciones para el descenso.....	39
Figura 4.5 Modelos de amortiguadores de la marca Oleo [22]	42
Figura 4.6 Carrera mínima de los amortiguadores [23]	43
Figura 4.7 Estructura de un amortiguador	44
Figura 4.8 Amortiguador de topes de Poliuretano [24].....	44
Figura 4.9 Grafico de distancias de seguridad [26]	45
Figura 5.1 Trafico ascendente y descendente a lo largo del día [27]	46
Figura 5.2 Tasa de llegada de pasajeros una hora antes del inicio [27]	48
Figura 5.3 Metros cuadrados construidos por planta [28]	49
Figura 6.1 Etiqueta de certificación VDI [33]	53
Figura 6.2 Curva típica de consumo de un ascensor eléctrico [34].....	54
Figura 6.3 Curva típica de consumo de un ascensor hidráulico	55
Figura 6.4 Modelos de bombillas LEDs [39]	58
Figura 6.5 Modelo de tubo BI-PIN	58
Figura 6.6 Modelo de Ojo de Buey.....	58

INDICE TABLAS

Tabla 3.1 Definición de los ascensores.....	12
Tabla 3.2 Servicio de cada ascensor.....	13
Tabla 3.3 Dimensiones del hueco y la cabina	14
Tabla 4.1.1 Valores de $Nequiv(t)$	20
Tabla 4.1.2 Factor de seguridad mínimo	20
Tabla 4.1.3 Factor de seguridad.....	21
Tabla 4.2.1 Factor de rozamiento	22
Tabla 4.2.2 Pesos de los componentes	23
Tabla 4.2.3 Condición de carga.....	24
Tabla 4.2.4 Condición de frenado de emergencia.....	25
Tabla 4.2.5 Condición de cabina retenida	25
Tabla 4.3.1 Parámetros para cálculo del motor.....	26
Tabla 4.3.2 Modelos Elegidos.....	27
Tabla 4.4.1 Cargas y esfuerzos a tomar en consideración	29
Tabla 4.4.2 Parámetros de los modelos de guía de cabina.....	30
Tabla 4.4.3 Parámetros de los modelos de guía de contrapeso.....	30
Tabla 4.4.4 Coeficientes de seguridad para guías	31
Tabla 4.4.5 Parámetros de la cabina y el hueco.....	31
Tabla 4.4.6 Parámetros del contrapeso y el hueco	31
Tabla 4.4.7 Factores de Impacto.....	32
Tabla 4.4.8 Cargas de Pandeo.....	32
Tabla 4.4.9 Esfuerzos de Pandeo	33
Tabla 4.4.10 Cargas y esfuerzos de flexión en las guías de cabina	35
Tabla 4.4.11 Cargas y esfuerzos de flexión en las guías de contrapeso	35
Tabla 4.4.12 Esfuerzos combinados en “uso normal”	35
Tabla 4.4.13 Esfuerzos combinados en cabina en actuación del disp. Seguridad	36
Tabla 4.4.14 Esfuerzos combinados en contrapeso en actuación del disp. Seguridad	36
Tabla 4.4.15 Esfuerzos de torsión	37
Tabla 4.4.16 Flechas de las guías de cabina.....	37
Tabla 4.4.17 Flechas de las guías de contrapeso.....	37
Tabla 4.4.18 Niveles de confort en cabina [20].....	40
Tabla 4.4.19 Medidas eje x y Tabla 4.4.20 Medidas eje y	40
Tabla 4.4.21 Resumen de nivel de confort	41
Tabla 4.5 Modelos de amortiguador elegidos	44

Modernización de una instalación de ascensores

Tabla 4.6 Distancias de seguridad.....	45
Tabla 5.1 Datos de partida del estudio de trafico.....	48
Tabla 5.2 Tiempo de trayectoria.....	50
Tabla 5.3 Tiempos del ciclo de rotación	51
Tabla 5.4 Capacidad y Tiempo de espera	51
Tabla 6.1 Viajes al año	59
Tabla 6.2 Tiempo de iluminación de alumbrado	60
Tabla 6.3 Resultados del Estudio Energético	60
Tabla 7.1 Presupuesto	62
Tabla 7.2 Presupuesto	62

Capítulo 1: Introducción

En la actualidad, la mayoría de las ciudades con edificios de 3 plantas o más disponen de un ascensor para el transporte vertical de las personas, ya que se considera necesario el uso de estos para la construcción de edificios de gran altura.

Todos los ascensores, pasados unos años de funcionamiento, requieren una modernización de la mayoría de sus elementos. Esta modernización es necesaria ya que muchos de sus elementos llegan al final de su vida útil o simplemente conviene su sustitución por otros elementos con mayor vida de funcionamiento y que ofrezcan mejores prestaciones que los existentes.

La modernización de los ascensores es uno de las principales líneas de negocio de las compañías que operan en este sector y en una de las cuales se factura mayor cantidad de dinero junto con el mantenimiento de los ascensores.

1.1 Objetivos

Este proyecto trata de ofrecer una solución para resolver el transporte vertical de un edificio de oficinas ya existente. El objetivo de este proyecto es el de conseguir una instalación de ascensores que ofrezca una mayor capacidad de transporte y que sea más eficiente pero a la vez sin tener un coste muy elevado ya que este proyecto va dirigido a un concurso con otras compañías, y alcanzar el equilibrio entre calidad y precio es uno de los factores más importantes para conseguir la adjudicación del mismo.

El edificio, objeto de este proyecto, ya dispone de una instalación de ascensores a partir de la cual se realizara los cambios necesarios en el hueco para incorporar las mejoras y servicios adicionales exigidos por la Propiedad del edificio.

A continuación, se enumeraran los objetivos que se trata de alcanzar con la realización de este proyecto:

- Sustitución de los elementos existentes de la instalación por otros que sean más resistentes y ofrezcan una mayor vida útil de funcionamiento.
- Motores y equipos eléctricos más eficientes que respeten al medio ambiente en mayor medida que los existentes.
- Aumentar la capacidad de transporte de los ascensores y ofrecer una calidad de servicio dentro de los límites establecidos para edificio de oficinas de varias entidades.

Modernización de una instalación de ascensores

- Cumplimiento de todos los elementos con la norma UNE-EN 81.
- Encontrar un equilibrio calidad-precio para conseguir la adjudicación de la modernización.

1.2 Alcance y estructura del proyecto

El alcance del proyecto engloba la comprobación del cumplimiento de una serie de elementos (cables, motor, poleas, guías, amortiguadores) con la norma UNE-EN-81 vigente en el territorio español, un estudio de tráfico para la valoración de la capacidad y calidad del servicio prestado, un estudio energético para corroborar el ahorro energético de la nueva instalación con respecto a la existente y como último punto se ofrece el presupuesto del suministro y montaje de la nueva instalación en su conjunto y detallada por ascensor.

1.3 Punto de partida

Para la consecución del proyecto se parte del pliego técnico suministrado por la Propiedad del edificio junto a los planos de las dimensiones y características de los huecos de cada uno de los ascensores a modernizar. Del pliego técnico se obtendrán todos los datos y parámetros necesarios para la realización de todos los cálculos y estimaciones necesarias a lo largo de la realización de este proyecto.

Capítulo 2: Ascensores

Uno de los temas de más relevancia dentro del tráfico de personas y cargas en cualquier edificación es el transporte vertical. Hoy en día todas las edificaciones están condicionadas por el ascensor, el montacargas, la escalera mecánica y el andén móvil hasta el punto que es difícil imaginarse cualquier tipo de construcción sin algún tipo de los elementos de transporte vertical anteriormente citados.

Dentro de todos estos elementos de transporte vertical, se dará una breve introducción y una clasificación de los diferentes tipos de ascensores que se pueden encontrar en la actualidad, así como una descripción de los principales elementos que los componen.

Un ascensor o elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes niveles. Puede ser utilizado ya sea para ascender o descender en un edificio o una construcción subterránea. Se conforma con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad. Las escaleras mecánicas se distinguen de los ascensores en que el transporte entre dos pisos se realiza con una inclinación con respecto al eje vertical.

2.1 Tipologías Básicas

La diferencia básica entre los dos tipos de ascensores que se emplean es su sistema de propulsión, y así se tiene dos tipos de ascensores, los hidráulicos y los eléctricos.

2.1.1 Ascensores hidráulicos

Los ascensores hidráulicos, pioneros en el transporte vertical en los edificios de viviendas y oficinas, han sido desplazados casi por completo por los ascensores eléctricos y ya solo se suelen utilizar para instalaciones más especiales con grandes cargas y esfuerzos de trabajo elevados como montacoches o montacargas de grandes capacidades. El movimiento de la cabina se consigue mediante un pistón hidráulico que se mueve por la fuerza que le transmite aceite a presión impulsado por un grupo hidráulico.

El equipo hidráulico consta fundamentalmente de un depósito de aceite, motor eléctrico de corriente alterna, bomba impulsora del aceite y válvulas reguladoras. El cilindro hidráulico se coloca en la parte inferior del hueco del ascensor y se desplaza a lo largo del mismo. En el ascenso de la cabina, la unidad de accionamiento hidráulico empuja el aceite hacia el pistón y este impulsa la cabina hacia arriba usando la energía acumulada en el aceite a presión, dada por la bomba. La cabina desciende

Modernización de una instalación de ascensores

automáticamente cuando se abre la válvula reguladora y el aceite retorna al tanque, y así el cilindro desciende. Además, el ascensor puede descender hasta la planta baja en caso de corte de energía en el edificio. Las válvulas reguladoras permiten el frenado perfecto, consiguiendo nivelaciones muy precisas.

Los elementos del equipo hidráulico se pueden observar en la figura 2.1.

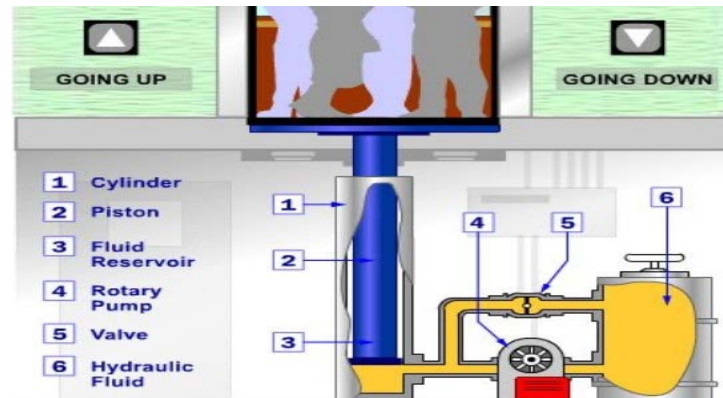


Figura 2.1 Equipo hidráulico [1]

Las grandes ventajas de los ascensores hidráulicos son la mayor rapidez de montaje, son más económicos, con menos mantenimiento y con unos niveles de seguridad mayores. Además, ofrecen la posibilidad de ser instalados en fosos de dimensiones reducidas y sin cuarto de máquinas a partir de una central hidráulica ubicada en un armario de cualquier rincón del edificio.

El problema de este tipo de elevadores es que presentan limitaciones para ciertas instalaciones. La principal limitación que tiene este tipo de elevador es el recorrido, puesto que a partir de siete u ocho plantas los sistemas hidráulicos no son viables a nivel económico. La máxima distancia que recomiendan las empresas está entre los 20 y los 22 metros. Por otro lado, aunque no tan importante, está el límite de velocidad, que en términos estándar se establece en 0,6 m/s, e incluso opcionalmente se llega hasta 1 m/s. El ascensor eléctrico supera estas cifras sin problemas, pero en cuanto se habla de soportar grandes cargas o recorridos inferiores a siete u ocho plantas, la instalación del mismo se vuelve más costosa, así como también sube el precio de su mantenimiento[2].

Los ascensores hidráulicos pueden ser de dos tipos:

- *Acción indirecta o diferencial (2:1).* El pistón dispone de una polea en su extremo superior, como se aprecia en la figura 2.2, por donde pasan los cables de tracción que transmiten el movimiento a la cabina.

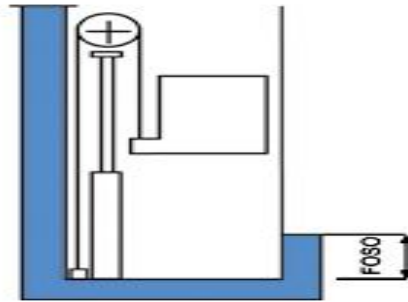


Figura 2.2 Acción indirecta

Se instalan en recorridos de más de 4 metros. No es necesario foso, ya que el pistón se puede instalar en un lateral del hueco. Este tipo de elevadores hidráulicos es adecuado para edificios de viviendas.

- *Acción directa (1:1).* Se instalan si el hueco no llega a los 4 metros. Es necesario que el hueco del ascensor tenga foso, ya que el pistón irá instalado ahí. Este tipo de ascensor es adecuado para edificios de poca altura, especialmente, en elevadores destinados al transporte de cargas. Respecto al tiro, existen dos opciones que se muestran en la figuras 2.3 y 2.4.

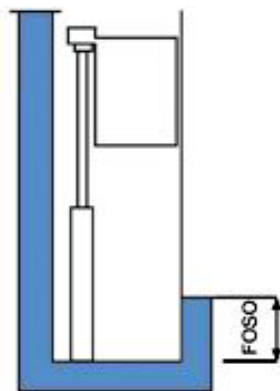


Figura 2.3 Directo Lateral

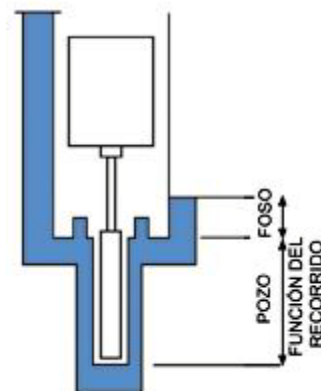


Figura 2.4 Directo Central

2.1.2 Ascensores eléctricos

Los ascensores eléctricos son los más utilizados en la mayoría de las instalaciones. Tradicionalmente, el accionamiento de un ascensor eléctrico se consiguió mediante un grupo motor acoplado a un reductor de velocidad, en cuyo eje de salida va montada una polea acanalada que arrastra los cables por adherencia, o bien un tambor en el que se enrollan dos cables, aunque este último sistema ya prácticamente no se utiliza. Este tipo de ascensores necesitan de un cuarto de máquinas donde se encuentra el sistema de tracción. Generalmente está situado en la azotea o en el último piso.

En los últimos años, se ha ido introduciendo la tecnología *Gearless* de imanes permanentes que permiten el control de la velocidad mediante un variador de frecuencia y que suprimen la necesidad de un reductor de velocidad y consiguen

Modernización de una instalación de ascensores

rendimientos extraordinarios y consumos energéticos muy reducidos, requiriendo un mantenimiento casi nulo y proporcionando un funcionamiento y frenado más silencioso, y un confort de viaje único. En la figura 2.5 se muestra un motor con esta tecnología.



Figura 2.5 Motor de imanes permanentes

Esta tecnología ofrece la posibilidad de ascensores sin cuarto de máquinas conocidos como MRL (*Machine Room Less*), que sitúan al grupo motor en el extremo superior del hueco sobre un conjunto de vigas o guías como se observa en la figura 2.6 [3].

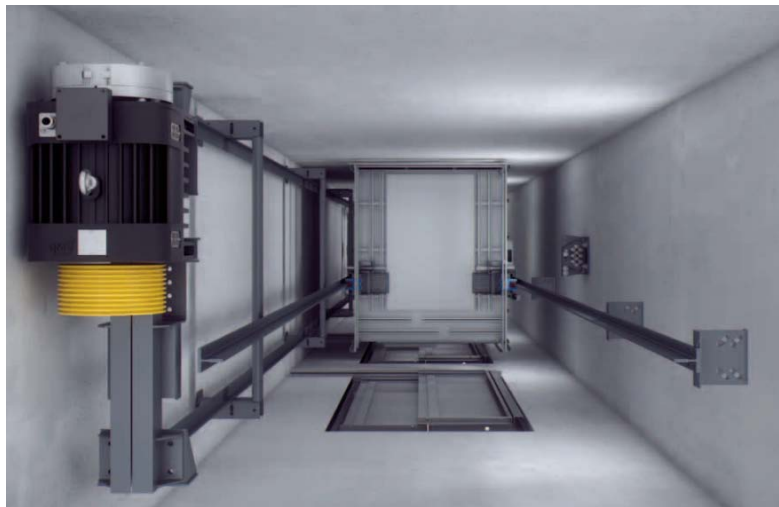


Figura 2.6 Ascensor sin cuarto de máquinas

2.2 Elementos de un ascensor eléctrico

Un ascensor eléctrico consta principalmente de los elementos siguientes:

- ❖ Hueco del ascensor: espacio por el que se desplazan la cabina y el contrapeso sin que pueda ser utilizado para ninguna otra instalación ajena al ascensor.
- ❖ Cuarto de máquinas: local especialmente adecuado para ubicar la máquina de tracción, sus cuadros de maniobra, las poleas de desvío y el limitador de velocidad.

Modernización de una instalación de ascensores

- ❖ **Cabina:** elemento portante del aparato elevador, donde viajan los pasajeros. Es un conjunto cerrado formado por las paredes, el suelo, el techo y las puertas de cabina. Tanto la cabina, el contrapeso o masa de equilibrado son soportadas por una estructura metálica denominada *estribo* o *chasis*.
- ❖ **Contrapeso.** equilibra la carga de la cabina para reducir considerablemente el peso que debe arrastrar el grupo tractor, disminuyendo así la potencia necesaria para elevar la cabina.
- ❖ **Máquina de tracción tradicional:** responsable de la subida y bajada del ascensor. Está conectada a la cabina del ascensor y al contrapeso mediante los cables de tracción. Sus elementos se aprecian en la figura 2.7 y son los siguientes:

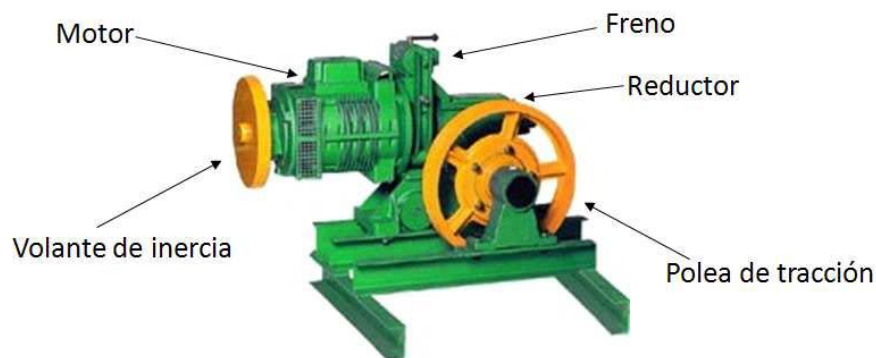


Figura 2.7 Grupo Motor [4]

- **Motor eléctrico:** encargado de suministrar la potencia al conjunto.
- **Reductor de velocidad:** La velocidad de giro del motor se reduce aproximadamente en 1/10 empleando un reductor de velocidad con tornillos sin fin o helicoidales y se transmite a la polea de tracción de la máquina de tracción.
- **Freno electromecánico:** Freno capaz por sí solo de detener la máquina cuando la cabina desciende a su velocidad nominal con su carga nominal aumentada en un 25%.
- **Polea de tracción:** va incorporada al grupo tractor y debe ser capaz de soportar los esfuerzos que le transmiten los cables de suspensión, y transmitirle a su vez la tracción necesaria a este por medio de adherencia.

Modernización de una instalación de ascensores

- ❖ Poleas de desvío: se utilizan para situar los cables de suspensión de la cabina y del contrapeso a la distancia necesaria, garantizando que el ángulo de abrace de los cables en la polea de tracción sea suficiente para que exista la adherencia requerida.
- ❖ Ejes, acoplamientos y rodamientos.
- ❖ Carcasa metálica: cubre el grupo tractor para evitar la entrada de suciedad y la proyección de alguna partícula de material de desgaste.
- ❖ Guías: componentes rígidos destinados a guiar la cabina, el contrapeso, o la masa de equilibrado.
- ❖ Rodaderas o apoyos deslizantes: apoyos que se fijan en la parte superior e inferior del bastidor de cabina y que guían tanto a la cabina como al contrapeso por las guías.
- ❖ Circuito de paracaídas: componente de seguridad (sólo en situaciones de emergencia) más importante del ascensor que permite detener la cabina en caso de que se produzca la rotura de los cables de suspensión o un exceso de velocidad. Está compuesto por el limitador de velocidad, la polea tensora, el paracaídas y el cable de accionamiento del paracaídas.
- ❖ Amortiguadores: dispositivos diseñados para detener una cabina en descenso que esté más allá de su límite normal de viaje almacenando, absorbiendo o disipando la energía cinética de la cabina.
- ❖ Elementos de suspensión: la cabina y el contrapeso deben estar suspendidos por cables de acero, correas o cadenas de acero de eslabones paralelos o de rodillos. El número mínimo de cables o cadenas debe ser dos y estos deben ser independientes.
- ❖ Instalación eléctrica: conjunto de cables y canalizaciones eléctricas para asegurar la conexión entre los diferentes componentes eléctricos.
- ❖ Sistema de control: garantiza que el funcionamiento del ascensor se realice de manera segura para los pasajeros. Recibe e interpreta las órdenes provenientes de los usuarios y las revierte a los distintos componentes del ascensor para que satisfagan el servicio solicitado.

2.3 Tipos de Maniobra

Los sistemas de control pueden utilizar diferentes tipos de maniobras para coordinar el funcionamiento de los ascensores [5].

2.3.1 Maniobra Universal

La maniobra universal es la maniobra más sencilla en uso actualmente. La cabina puede ser llamada y usada solo por una persona o por un grupo de personas a la vez. Cuando se registra una llamada en un piso, la señal luminosa del botón de cada piso se ilumina mostrando que la cabina está prestando un servicio. Mientras tanto y hasta que termine dicho servicio no podrá ser atendida ninguna otra llamada desde ningún otro piso. El ascensor está bajo el control exclusivo del pasajero que lo llamó primero y por lo tanto no atenderá otras llamadas hasta que abandone el ascensor. Una vez que el ascensor queda libre y las señales luminosas se apagan, puede efectuarse otra llamada. Esta maniobra está capacitada para memorizar otras llamadas, y así poder atender a las plantas en el mismo orden que han sido pulsadas sus botoneras.

Es la maniobra más barata, por lo que hay un gran número de ascensores que la poseen. Es aceptable para edificios de viviendas de baja altura y poco tráfico. Dado que es la maniobra de más bajo rendimiento, son muchos los edificios que tienen serios problemas de tráfico vertical debido a que el número de viajes que se realizan con la cabina casi vacía provoca un gasto de energía muy elevado, un desgaste prematuro de toda la instalación y tiempos de espera elevados para los usuarios.

2.3.2 Maniobra Colectiva en descenso

La maniobra colectiva en descenso suele aplicarse a los edificios residenciales donde la frecuencia de tráfico de un piso a otro (excluido el piso principal) es relativamente baja. Esta maniobra es muy recomendable en edificios de muchas viviendas y gran altura, y hoteles.

Esta maniobra tiene las mismas características que una maniobra universal con registro de llamadas, pero además permite la recogida de pasajeros cuando la cabina está descendiendo. Si un pasajero que se encuentre en una de las plantas más altas del edificio se dispone a ir a una planta inferior, todos los pasajeros entre medias del piso de partida y de destino del usuario de la cabina y que deseen ir a plantas inferiores, serán recogidos por la cabina en el movimiento de descenso. El único caso por el cual no se pararía el ascensor para recoger más pasajeros, sería si el pesacargas detectara que la cabina este llena o no permite la entrada de nuevos pasajeros. Si alguno de los pasajeros entre medias de estas plantas quisiese dirigirse a una planta superior tendría que esperar a que la cabina llegase a la última planta elegida por los pasajeros, y después ascendería para darle el servicio. Los botones de llamadas de planta disponen de un único botón que parpadea cuando un pasajero lo acciona.

2.3.3 Maniobra Colectiva-Selectiva en ascenso y descenso

El método de funcionamiento colectivo-selectivo de una cabina es de los más complejos y costosos que pueden ser utilizados para el funcionamiento de un ascensor. Los ascensores que poseen esta maniobra, cuentan con una memoria en la que se registran, tanto desde la cabina como desde los rellanos, todas las órdenes impartidas, ya sean de subida como de bajada. Esta maniobra es muy recomendable en ascensores de pasajeros en edificios comerciales, grandes almacenes, edificios de la administración pública y ascensores de hospitales. En cada rellano hay un botón de llamada para desplazamiento ascendente y otro para desplazamiento descendente. En el último piso hay solo un botón de llamada de planta para desplazamiento descendente mientras que en el primer piso hay sólo botón de llamada de planta para desplazamiento ascendente (si no hay garaje). El funcionamiento del ascensor es el siguiente:

- 1) Al pulsar un botón se registra una llamada. La cabina responde a las llamadas hechas en la dirección de desplazamiento de la cabina en ese momento, una llamada después de la otra.
- 2) Una vez servidas todas las plantas en un mismo sentido, atenderá la siguiente llamada en sentido contrario y todas las que se vaya encontrando.
- 3) Si después de responder a todas las llamadas no se produce ninguna más, la cabina queda aparcada en el último piso servida.

Alternativamente, la cabina podrá quedarse aparcada en un piso predeterminado, por lo general en el piso más bajo, si el pasajero ha especificado previamente dicho piso.

2.3.4 Maniobra en conjunto (Dúplex, triplex)

La maniobra en conjunto se utiliza cuando un grupo de ascensores ha de trabajar conjuntamente para asistir a la misma población, debido a que a través de esta maniobra se logra el máximo rendimiento de todos los ascensores. En cada planta hay solo una botonera de llamada para todos los ascensores. El funcionamiento del ascensor es el siguiente:

- 1) Al pulsar el botón de llamada de planta se registra una llamada de planta y se realiza la asignación de una de las cabinas.
- 2) Al pulsar un botón de cabina en la cabina se registra una llamada y la cabina responde a esa llamada, así como a las llamadas de planta asignadas a la cabina, una después de la otra.
- 3) La manera en la que atenderán las cabinas las llamadas dependerá de la maniobra elegida (Universal, Colectiva en descenso, Colectiva selectiva en ascenso/descenso)

2.3.5 Maniobra de preasignación de cabina

Este tipo de maniobra es utilizada para el control de un grupo de ascensores en un edificio de oficinas de alta población. Se basa en un pulsador a la entrada del grupo de ascensores para que cada pasajero que se dispone a utilizar un ascensor marque en este pulsador su planta de destino y así el sistema de control conozca los requisitos exactos de cada pasajero.



Figura 2.8 Pulsador de preasignación

Con la información de cada pasero, el sistema les muestra instantáneamente el ascensor al que debe dirigirse, y así los pasajeros que viajan a plantas cercanas se dirigirán al mismo ascensor.

Los pasajeros se benefician reduciendo los tiempos de espera y de viaje, disminuyendo las aglomeraciones en ascensores y el número de paradas en viaje. El tráfico mejora y mejora la organización de los viajes.

Capítulo 3: Descripción de la instalación

El proyecto está basado en la sustitución de una instalación de ascensores ya existente en un edificio de oficinas de gran altura y donde operan distintas compañías. El número de ascensores, así como las plantas a la que dan servicio, viene dada por la Propiedad del edificio.

Esta Propiedad, antes de conceder este proyecto a una compañía, encarga a una consultoría de ascensores un estudio previo para que determinen las principales características de las que ha de disponer la instalación y realicen un pliego de las especificaciones técnicas que ha de cumplir. Este proyecto está basado en esas especificaciones técnicas y, por lo tanto, los mínimos valores de la capacidad así como los de velocidad de cada ascensor nos vienen dado por la Propiedad como se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Definición de los ascensores

Grupo	Ascensor	Carga Kg.	Capacidad personas	Velocidad m/s	Recorrido m	Paradas
1	8	800	10	3,5	73,2	21
	9				95,3	27
	10				95,3	27
	11				73,2	21
2	14	800	10	3	61,2	18
	15					
3	16	900	12	2	36,4	11
	17					
	18					
4	20	800	10	3	59,8	10
	21					
	22					
5	23	800	10	3,5	85,9	24
	24				93,1	25
	25					
6	28	800	10	3,5	85,9	23
	29					
	30					
REYES	32	630	8	1	9,5	2

Modernización de una instalación de ascensores

Como se puede observar en la tabla, la instalación consta de 6 grupos de ascensores y un ascensor especial denominado “Reyes”. Cada grupo lleva una maniobra de funcionamiento independiente a las demás. Además, cada ascensor dispondrá de maniobras especiales para casos excepcionales o de emergencia. Toda esta información queda reflejada en la tabla 3.2, donde se definen las plantas que da servicio cada ascensor y en la planta que se sitúan los fosos y los cuartos de máquinas.

Tabla 3.2 Servicio de cada ascensor

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reyes
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
27																			
26		II	II																
25		I	I																
24		I	I										I	I	I	I	I	I	
23		I	I										I	I	I	I	I	I	
22		I	I										I	I	I	I	I	I	
21		I	I										I	I	I	I	I	I	
20	I	I	I	I									I	I	I	I	I	I	
19	I	I	I	I									I	I	I	I	I	I	
18	I	I	I	I									I	I	I	I	I	I	
17	I	I	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	I	I	I	
16	I	I	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	I	I	I	
15	I	I	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	I	I	I	
14	I	I	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	I	I	I	
13	I	I	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	I	I	I	
12	I	I	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	I	I	I	
11	I	I	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	I	I	I	
10	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II	II		I	I	I	I	I	I	
9	I	I	I	I	I	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	
8	I	I	I	I	I	I	I	I	I	E	E	E	I	I	I	I	I	I	
7	I	I	I	I	I	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	
6	I	I	I	I	I	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	
5	I	I	I	I	I	I	I	I	I	E	E	E	I	I	I	I	I	I	
4	I	I	I	I	I	I	I	I	I				I	I	I	I	I	I	
3	I	I	I	I	X	I	I	I	I	E	E	E	I	I	I	I	I	I	
2	II	II	II	II	II	II	I	I	I				II	II	II	E	E	E	
1	I	I	I	I	II	II	II	II	II	II	II	II							I
0	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
-1																			
-2															II				
LEYENDA																			
I		Parada en piso																	
II		Parada de acceso restringido																	
X		Previsión de parada (sin puertas)																	
E		Puerta de emergencia																	
		Cuarto de máquinas																	
		Foso																	
		Sin Parada																	

Modernización de una instalación de ascensores

Además de esta información, será muy importante conocer las dimensiones de las cabinas y de los huecos de cada ascensor. Las cuales vienen detalladas en la Tabla 3.3. Estos datos se han obtenido de los planos suministrados por la consultora.

Tabla 3.3 Dimensiones del hueco y la cabina

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reyes
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Puertas																			
Ancho	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	950	800
Alto	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.000
Cabina																			
Ancho	1.100	1.100	1.100	1.100	1.050	1.050	1.570	1.570	1.770	1.150	1.150	1.150	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.700	1.100
Profundidad	1.550	1.550	1.550	1.550	1.700	1.700	1.320	1.320	1.320	1.450	1.450	1.450	1.100	1.100	1.100	1.150	1.150	1.150	1.400
Alto	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200
Hueco																			
Ancho	1.556	1.665	1.665	1.591	1.655	1.539	2.020	2.032	2.287	1.600	1.600	1.600	2.190	2.238	2.292	2.240	2.248	2.143	1.510
Profundidad	2.340	2.340	2.320	2.320	2.377	2.377	2.022	2.022	2.022	2.140	2.140	2.140	2.021	2.021	2.021	2.198	2.198	2.198	2.090
Altura	77.803	99.903	99.852	77.752	64.060	64.060	40.479	40.479	40.479	63.630	63.630	63.630	89.478	89.478	96.100	89.100	89.100	89.100	10.700
Foso actual																			
Altura	4.603*	4.603*	4.552*	4.552*	2.860	2.860	4.079	4.079	4.079	3.830	3.830	3.830	3.578	3.578	3.000*	3.200	3.200	3.200	1.200

Las especificaciones técnicas que ha de cumplir la instalación en conjunto y sus elementos individualmente, se irán detallando en los capítulos posteriores según sean necesarios para los cálculos.

A continuación se muestra una breve introducción sobre los requisitos exigidos para los nuevos ascensores, detallado para cada grupo de ascensores:

- **Grupo 1**

Nº de ascensores: 4

Maniobra: *Cuádruplex de altas prestaciones. Maniobra de bomberos, de evacuación de emergencia, preapertura de puertas, re nivelación, obstrucción de puertas, anti abuso de llamadas de cabina, maniobra especial para personas con discapacidad [6], y detección de pulsador bloqueado. Plantas 2 y 26 restringidas por llavín. Pulsadores de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Paneles de mando y señalización en pisos sobre placa de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Panel de señalización en planta baja y cabina electroluminiscente.*

Tracción: *Gearless de corriente alterna. Regulación por variador de frecuencia en bucle cerrado.*

Modernización de una instalación de ascensores

Puertas.	<i>Telescópicas de 2 hojas de altas prestaciones. Dimensiones: 800 x 2100 mm. Operador de altas prestaciones. Tiempo de apertura máximo: 1,8 s; Tiempo de cierre máximo: 1,8 s. Acabado: Latón en planta baja y cabina, inoxidable grano 220 en superiores.</i>
Cabina:	<i>Dimensiones libres: 1.100 x 1.550 mm² + jamba de 100 mm. Altura libre: 2.200 mm.</i>

- **Grupo 2**

Nº de ascensores:	2
Maniobra:	<i>Dúplex de altas prestaciones. Maniobra de bomberos, de evacuación de emergencia, preapertura de puertas, re nivelación, obstrucción de puertas, anti abuso de llamadas de cabina y detección de pulsador bloqueado. Plantas 1 y 2 restringidas por llavín. Pulsadores de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Paneles de mando y señalización en pisos sobre placa de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Panel de señalización en planta baja y cabina electroluminiscente.</i>
Tracción:	<i>Gearless de corriente alterna. Regulación por variador de frecuencia en bucle cerrado.</i>
Puertas.	<i>Telescópicas de 2 hojas de altas prestaciones. Dimensiones: 800 x 2100 mm. Operador de altas prestaciones. Tiempo de apertura máximo: 1,8 s; Tiempo de cierre máximo: 1,8 s. Acabado: Latón en planta baja y cabina, inoxidable grano 220 en superiores.</i>
Cabina:	<i>Dimensiones libres: 1.050 x 1.700 mm² + jamba de 100 mm. Altura libre: 2.200 mm.</i>

Modernización de una instalación de ascensores

- **Grupo 3**

Nº de ascensores:	3
Maniobra:	<i>Triplex de altas prestaciones. Maniobra de bomberos, de evacuación de emergencia, preapertura de puertas, renivelación, obstrucción de puertas, anti abuso de llamadas de cabina y detección de pulsador bloqueado. Plantas 1 y 2 restringidas por llavín. Pulsadores de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Paneles de mando y señalización en pisos sobre placa de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Panel de señalización en planta baja y cabina electroluminiscente.</i>
Tracción:	<i>Máquina con reductor. Opción Gearless de corriente alterna. Regulación por variador de frecuencia en bucle cerrado</i>
Puertas.	<i>Centrales de 2 hojas de altas prestaciones. Dimensiones: 900 x 2100 mm. Operador de altas prestaciones. Tiempo de apertura máximo: 1,6 s; Tiempo de cierre máximo: 1,6 s. Acabado: Latón en planta baja y cabina, inoxidable grano 220 en superiores. Acabado: Latón en planta baja y cabina, inoxidable grano 220 en superiores.</i>
Cabina:	<i>Dimensiones libres: 1.570 x 1.320 mm² + jamba de 100 mm. Altura libre: 2.200 mm.</i>

- **Grupo 4**

Nº de ascensores:	3
Maniobra:	<i>Triplex de altas prestaciones. Maniobra de bomberos, de evacuación de emergencia, preapertura de puertas, renivelación, obstrucción de puertas, anti abuso de llamadas de cabina y detección de pulsador bloqueado. Plantas 1 y 10 restringidas por llavín. Pulsadores de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Paneles de mando y señalización en pisos sobre placa de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Panel de señalización en planta baja y cabina electroluminiscente.</i>
Tracción:	<i>Gearless de corriente alterna. Regulación por variador de frecuencia en bucle cerrado.</i>

Modernización de una instalación de ascensores

Puertas. *Telescópicas de 2 hojas de altas prestaciones. Dimensiones: 800 x 2100 mm. Operador de altas prestaciones. Tiempo de apertura máximo: 1,8 s; Tiempo de cierre máximo: 1,8 s. Acabado: Latón en planta baja y cabina, inoxidable grano 220 en superiores.*

Cabina: *Dimensiones libres: 1.150 x 1.450 mm² + jamba de 100 mm. Altura libre: 2.200 mm.*

- **Grupo 5**

Nº de ascensores: 3

Maniobra: *Triplex de altas prestaciones. Maniobra de bomberos, de evacuación de emergencia, preapertura de puertas, renivelación, obstrucción de puertas, anti abuso de llamadas de cabina y detección de pulsador bloqueado. Plantas -2 y 2 restringidas por llavín. Pulsadores de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Paneles de mando y señalización en pisos sobre placa de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Panel de señalización en planta baja y cabina electroluminiscente.*

Tracción: *Gearless de corriente alterna. Regulación por variador de frecuencia en bucle cerrado.*

Puertas. *Telescópicas de 2 hojas de altas prestaciones. Dimensiones: 1.000 x 2100 mm. Operador de altas prestaciones. Tiempo de apertura máximo: 1,7 s; Tiempo de cierre máximo: 1,7s Acabado: Latón en planta baja y cabina, inoxidable grano 220 en superiores.*

Cabina: *Dimensiones libres: 1.600 x 1.100 mm² + jamba de 100 mm. Altura libre: 2.200 mm.*

Modernización de una instalación de ascensores

- **Grupo 6**

Nº de ascensores: 3

Maniobra: *Triplex de altas prestaciones. Maniobra de bomberos, de evacuación de emergencia, preapertura de puertas, renivelación, obstrucción de puertas, anti abuso de llamadas de cabina y detección de pulsador bloqueado. Pulsadores de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Paneles de mando y señalización en pisos sobre placa de acero inoxidable excepto planta baja y cabina en latón. Panel de señalización en planta baja y cabina electroluminiscente.*

Tracción: *Gearless de corriente alterna. Regulación por variador de frecuencia en bucle cerrado.*

Puertas. *Telescópicas de 2 hojas de altas prestaciones. Dimensiones: 1.100 x 2100 mm. Operador de altas prestaciones. Tiempo de apertura máximo: 1,7 s; Tiempo de cierre máximo: 1,7s. Acabado: Latón en planta baja y cabina, inoxidable grano 220 en superiores.*

Cabina: *Dimensiones libres: 1.600 x 1.150 mm² + jamba de 100 mm. Altura libre: 2.200 mm.*

- **Ascensor de Reyes**

Nº de ascensores: 1

Maniobra: *Universal registrada. Maniobra de bomberos. Pulsadores de acero inoxidable. Paneles de mando sobre placa de acero inoxidable.*

Tracción: *Máquina con reductor. Regulación por variador de frecuencia en bucle abierto*

Puertas. *Telescópicas de 2 hojas. Dimensiones: 800 x 2000 mm. Operador de altas prestaciones. Tiempo de apertura máximo: 3,8 s; Tiempo de cierre máximo: 3,8 s. Acabado: Inoxidable grano 220.*

Cabina: *Dimensiones libres: 1.100 x 1.400 mm² + jamba de 100 mm. Altura libre: 2.200 mm.*

Capítulo 4: Cálculos de Diseño

Para la elección de los modelos de los distintos componentes que componen la instalación, se han de realizar cálculos para cada uno de ellos. Todos los métodos de cálculo que se exponen en este capítulo se describen con más detalle en [7], y se detallara para cada caso los capítulos en los que se describen más extensamente estos cálculos y los requisitos que han de cumplir. Los cálculos que se realizan en este capítulo serán los siguientes:

- Evaluación del coeficiente de seguridad y elección de los cables de suspensión.
- Evaluación de la tracción.
- Motor.
- Guías de cabina y contrapeso.
- Amortiguadores.
- Distancias de seguridad.

Además de estos cálculos, se ha verificado el cumplimiento de la resistencia de las poleas a la tensión de aplastamiento de los cables, y no se detalla en este capítulo al no estar reflejado en la norma.

4.1 Evaluación del coeficiente de seguridad y elección de los cables de suspensión

El método a seguir para estimar el coeficiente de seguridad mínimo de los cables corresponde a la Ref. [8]. Este coeficiente ha de ser como mínimo de 12 para tracción por adherencia con dos o más cables [9].

El coeficiente de seguridad viene dado por la siguiente expresión,

$$S_f = 10^{\left[\frac{\log \left\{ \frac{695,85 \cdot 10^6 \cdot N_{Equiv}}{\left(\frac{D_t}{d_r} \right)^{8,567}} \right\}}{\log \left\{ 77,09 \cdot \left(\frac{D_t}{d_r} \right)^{-2,894} \right\}} \right]} \quad (4.1.1)$$

donde se observa que este coeficiente depende de la relación entre los diámetros de la polea de tracción y los cables de suspensión, y el número equivalente de poleas.

El número equivalente de poleas se define con la suma del número equivalente de las poleas de tracción y el número equivalente de las poleas de desvío.

$$N_{equiv} = N_{equiv(t)} + N_{equiv(p)} \quad (4.1.2)$$

Modernización de una instalación de ascensores

Los valores de $N_{equiv(t)}$ pueden tomarse de la tabla 4.1.1.

Tabla 4.1.1 Valores de $N_{equiv(t)}$

Garganta en V	Ángulo en V (γ)	–	35°	36°	38°	40°	42°	45°
	$N_{equiv(t)}$	–	18,5	15,2	10,5	7,1	5,6	4,0
Gargantas desfondadas {AC►} en U o en V {◄AC}	Ángulo en U (β)	75°	80°	85°	90°	95°	100°	105°
	$N_{equiv(t)}$	2,5	3,0	3,8	5,0	6,7	10,0	15,2

Para todos los ascensores se utilizara la misma polea de tracción que será semi-circular desfondada con un ángulo de garganta de 25 grados y ángulo de desfondado de 75 grados. Por lo tanto $N_{equiv(t)}$ será igual a 2,5.

$N_{equiv(p)}$ se evalúa mediante la siguiente expresión:

$$N_{equiv(p)} = K_p \cdot (N_{ps} + 4 \cdot N_{pr}) \quad (4.1.3)$$

donde N_{ps} es el número de flexiones simples, N_{pr} el número de flexiones invertidas y K_p el factor de relación entre el diámetro de la polea de tracción y el resto de poleas. Evaluando en la expresión 4.1.3 con las características de las poleas elegidas, da un resultado de 1 para el número equivalente de las poleas de desvío. Por lo tanto el número equivalente de poleas será de 3,5.

El diámetro de la polea de tracción será de 760mm para todos los ascensores y los diámetros de los cables vienen dados por la tabla 4.1.2. En esta tabla también se muestra el resultado del coeficiente de seguridad al evaluar los valores obtenidos en la expresión 4.1.1.

Tabla 4.1.2 Factor de seguridad mínimo

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reyes
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Factor de relación entre diámetros, K_p :	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Diámetro del cable, mm	10	10	10	10	10	10	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9
D_t/d_r	76	76	76	76	76	76	69	69	69	76	76	76	76	76	76	76	76	76	84
Factor de Seguridad, Sf:	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92	8,29	8,29	8,29	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92	7,92	7,54

Se observa que todos los coeficientes de seguridad son inferiores a 12, por lo tanto se debe tomar este valor como coeficiente de seguridad mínimo siguiendo [9].

Una vez determinado el coeficiente de seguridad mínimo, los cables elegidos han de cumplir que tengan un coeficiente superior al establecido. Este coeficiente de seguridad se calculara a partir de la siguiente expresión:

$$S = \frac{F_R}{F} \quad (4.1.4)$$

donde F es la tensión que soportan los cables y F_R es la carga de rotura de los mismos.

Modernización de una instalación de ascensores

La tensión que soportan los cables de suspensión viene dada por la siguiente expresión:

$$F = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{Q_u + Q_b}{i} \right) \cdot g + m_L \cdot L \cdot g \quad (4.1.5)$$

Los cables que se van a utilizar son el modelo DRAKO 300T, el cual viene fijado por el pliego técnico, para todos los ascensores. Este modelo es un cable de acero puro con alma de alambres de acero, cuya estructura viene dada por figura 4.1; que ofrece alta resistencia a la ruptura, baja elongación y muy buena vida útil.

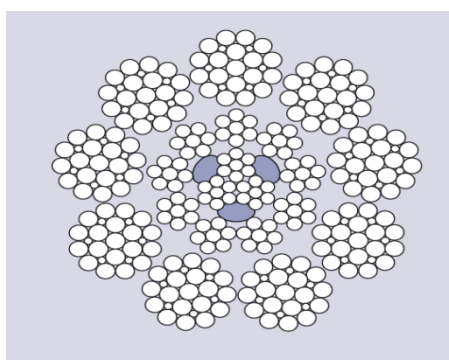


Figura 4.1 Estructura de los cables DRAKO 300T [10]

Los dos valores que varían en cada ascensor son el diámetro del cable y el número de cables que se van a colocar en la instalación. Estos dos valores se eligen de tal manera que el coeficiente de seguridad este lo más cercano posible a su valor mínimo. Interesa un valor muy cercano porque con un valor superior se estaría sobredimensionando los cables.

Teniendo estas consideraciones, en la tabla 4.1.3 se muestra los resultados obtenidos para cada uno de los ascensores.

Tabla 4.1.3 Factor de seguridad

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reyes
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Número de Cables	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Diámetro del Cable de Suspensión, mm	10	10	10	10	10	10	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9
Kg/m	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,52	0,52	0,52	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,35
Recorrido de Cabina, m	73,2	95,3	95,3	73,2	61,2	61,2	36,4	36,4	36,4	59,8	59,8	59,8	85,9	85,9	93,1	85,9	85,9	85,9	9,5
Carga de Rotura, N	71000	71000	71000	71000	71000	71000	82000	82000	82000	71000	71000	71000	71000	71000	71000	71000	71000	71000	57500
Tensión Aplicada a los Cables, N	5459	5552	5552	5459	5408	5408	5949	5949	5949	5403	5403	5403	5513	5513	5543	5513	5513	5513	4153
Coefficiente de Seguridad	13,01	12,79	12,79	13,01	13,13	13,13	13,78	13,78	13,78	13,14	13,14	13,14	12,88	12,88	12,81	12,88	12,88	12,88	13,85

Se puede observar que todos los coeficientes de seguridad son superiores a 12, y por lo tanto, el número de cables y el diámetro de los mismos que están indicados en la parte superior de la tabla, son los que se utilizarán para la instalación.

Modernización de una instalación de ascensores

4.2 Evaluación de la tracción

La tracción de los cables de suspensión debe ser tal que cumpla las tres condiciones siguientes:

- La cabina debe mantenerse al nivel del suelo, sin deslizar los cables, cuando esta se cargué con el 125% de la carga nominal.
- Debe asegurarse que cualquier frenada de emergencia cause en la cabina, este vacía o con la carga nominal, una deceleración de un valor que no exceda el establecido para el amortiguador.
- No debe ser posible levantar en sentido ascendente la cabina vacía cuando el contrapeso se apoya sobre los amortiguadores, y la máquina se acciona en sentido de “subida”.

Estas condiciones vienen detalladas en la Ref. [11]. El método para la evaluación de la tracción es el descrito en la Ref. [12]. Antes de calcular las tensiones a los lados de la polea de tracción, es importante el cálculo del factor de rozamiento.

El factor de rozamiento viene dado por la siguiente expresión:

$$f = \mu \cdot \frac{4 \cdot \left(\cos \frac{\gamma}{2} - \sin \frac{\beta}{2} \right)}{\pi - \beta - \gamma - \sin \beta + \sin \gamma} \quad (4.2.1)$$

donde β es el ángulo de desfondado de la polea, γ el ángulo de la garganta y μ el coeficiente de fricción. Para determinar el coeficiente de fricción se toman las siguientes consideraciones:

- Condición de carga $\mu = 0,1$
- Condición de frenado de emergencia $\mu = \frac{0,1}{1 + \frac{v}{10}}$
- Condición de cabina retenida $\mu = 0,2$

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se calculara un coeficiente de rozamiento para cada condición, las cuales se resaltan en diferentes colores (ver tabla 3.2.1).

Tabla 4.2.1 Factor de rozamiento

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Velocidad	3,5	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	1,0
Ángulo de desfondado, β rad	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31
Ángulo de la garganta, γ rad	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Factor de rozamiento, f:	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Factor de rozamiento, f:	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,16
Factor de rozamiento, f:	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Coef. Fricción mínimo, μ :	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Coef. Fricción mínimo, μ :	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09
Coef. Fricción mínimo, μ :	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
LEYENDA																			
	Carga																		
	Frenado de emergencia																		
	Cabina retenida																		

Modernización de una instalación de ascensores

En la tabla 4.2.1 se detalla tanto el coeficiente de fricción como el de rozamiento para cada condición y cada ascensor.

A continuación se detalla el cálculo de la tracción para cumplir cada una de las condiciones:

1. Condición de carga

Para realizar el cálculo de las tensiones, es necesario conocer una serie de valores que se muestran en la tabla 4.2.2.

Tabla 4.2.2 Pesos de los componentes

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reyes
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Peso cabina, Kg	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1400	1400	1400	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1000
Peso Contrapeso, Kg	1878	1947	1947	1878	1841	1841	1961	1961	1961	1837	1837	1837	1918	1918	1940	1918	1918	1918	1340
Masa cable de suspensión, Kg/m	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,61	0,61	0,61	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Angulo de abrazamiento, rad	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14	3,14
Aceleración, m/s ²	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Cable compensación, Kg	210,8	274,5	274,5	210,8	176,3	176,3	94,6	94,6	94,6	172,2	172,2	172,2	247,4	247,4	268,1	247,4	247,4	247,4	0,0

La elección del cable de compensación está basada en Ref. [13], donde se cita la obligación del uso del cable de compensación para instalaciones de velocidad nominal superior a 2,5 m/s. Además de esta consideración, el uso de los cables de compensación es recomendable para instalaciones de gran altura con un alto recorrido, ya que el peso de los cables de suspensión al ser muy largos incrementan en gran medida el peso en uno de los ramales y por lo tanto no se estaría cumpliendo con el factor de equilibrado del 0,5. El cable de compensación se ha elegido de tal forma que su peso por unidad de longitud compense el peso de los cables de suspensión. El modelo elegido como cable de compensación para todos los ascensores excepto el del grupo 3 es el *DRAKO 6X25 FILLER B180 20mm*, y para el grupo 3 será *DRAKO 6X25 FILLER B185 19mm*. La estructura de los cables de compensación se muestra en la figura 4.2.

6 x 25 Filler – FC

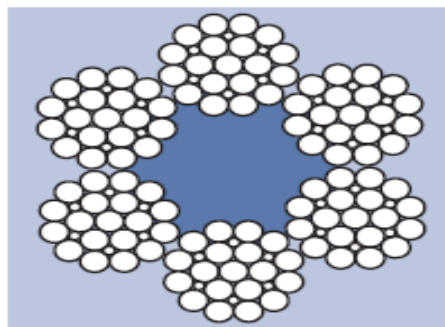


Figura 4.2 Estructura cable de compensación [14]

Modernización de una instalación de ascensores

Para cumplir con la condición de carga se ha de cumplir lo siguiente:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{f \cdot \alpha} \quad (4.2.1)$$

donde α es el ángulo de abrazamiento de los cables en la polea de tracción. Los valores de T_1 y T_2 se obtienen de las siguientes expresiones:

$$T_1 = \left(\frac{1,25 \cdot Q_u + Q_b}{i} + n \cdot m_L \cdot L \right) \cdot g \quad (4.2.2)$$

$$T_2 = \left(\frac{Q_c}{i} + n \cdot m_C \cdot L \right) \cdot g \quad (4.2.3)$$

Tabla 4.2.3 Condición de carga

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reyes
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
T1, N	24313	26093	26093	25417	25049	25049	27086	27086	27086	25006	25006	25006	25805	25805	26026	25805	25805	25805	18685
T2, N	20495	21796	21796	20495	19789	19789	20166	20166	20166	19706	19706	19706	21243	21243	21666	21243	21243	21243	13142
T1/T2	1,19	1,20	1,20	1,24	1,27	1,27	1,34	1,34	1,34	1,27	1,27	1,27	1,21	1,21	1,20	1,21	1,21	1,21	1,42
$e^{f \cdot \alpha}$	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72
¿Cumple?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

En la tabla 4.2.3 se detallan los valores de las tensiones y se puede observar el cumplimiento de la condición de carga.

2. Condición de frenado de emergencia

Para la condición de frenado de emergencia, la relación dinámica $\frac{T_1}{T_2}$ tiene que evaluarse para el caso más desfavorable de la posición de la cabina en el hueco y de las condiciones de carga, cabina vacía o con carga nominal. Cada elemento en movimiento deberá considerarse con su propia aceleración, teniendo en cuenta la relación de suspensión en la instalación. En este caso, para considerar el efecto dinámico debido a la aceleración o desaceleración debe garantizarse que se satisface la expresión siguiente:

$$\frac{T_1}{T_2} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \quad (4.2.4)$$

Donde los coeficientes C_1 y C_2 se han tomado de la Ref. [15].

$C_1 = \frac{g+a}{g-a}$, C_2 toma el valor de 1 para poleas de tracción semicirculares y semicirculares desfondadas y el resto de valores serian iguales menos el valor de T_1 que seguirá la expresión siguiente:

$$T_1 = \left(\frac{Q_u + Q_b}{i} + n \cdot m_L \cdot L \right) \cdot g \quad (4.2.5)$$

Modernización de una instalación de ascensores

Los resultados de la evaluación de los datos de la instalación en las expresiones 4.2.4 y 4.2.5, se muestran en la tabla 4.2.4.

Tabla 4.2.4 Condición de frenado de emergencia

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reyes
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
C1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
C2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T1, N	22351	23027	23027	22351	21984	21984	23652	23652	23652	21941	21941	21941	22740	22740	22960	22740	22740	22740	16233
T2, N	20495	21796	21796	20495	19789	19789	20166	20166	20166	19706	19706	19706	21243	21243	21666	21243	21243	21243	13142
T1•C1•C2/T2	1,311	1,270	1,270	1,311	1,335	1,335	1,410	1,410	1,410	1,338	1,338	1,338	1,287	1,287	1,274	1,287	1,287	1,287	1,485
e ^f •α	1,493	1,493	1,493	1,493	1,517	1,517	1,570	1,570	1,570	1,517	1,517	1,517	1,493	1,493	1,493	1,493	1,493	1,493	1,636
Cumple	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Se puede observar en las tres últimas filas de la tabla 4.2.4 el cumplimiento de la condición 4.2.4.

3. Condición de cabina retenida

Cuando el contrapeso se encuentra apoyado sobre los amortiguadores, se debe mantener una tensión en los cables de suspensión que no permita el levantamiento en sentido ascendente de la cabina. Para cumplir esta condición se debe satisfacer la siguiente expresión:

$$\frac{T_1}{T_2} \geq e^{f \cdot \alpha} \quad (4.2.5)$$

Los valores de T_1 y T_2 cuando la cabina se encuentra en apoyada en los amortiguadores será distinto al de los apartados anteriores. El cable en el lado de la cabina deberá soportar el peso de la cabina y el cable de compensación, y en el lado del contrapeso deberá soportar únicamente el peso de los cables ya que el contrapeso se encuentra apoyado sobre los amortiguadores. Por tanto las tensiones se calcularán con las expresiones 4.2.6 y 4.2.7.

$$T_1 = \left(\frac{Q_u + Q_b}{i} + n \cdot m_c \cdot L \right) \cdot g \quad (4.2.6)$$

$$T_2 = n \cdot m_L \cdot L \cdot g \quad (4.2.7)$$

La evaluación de los datos en ambas expresiones se muestra en la tabla 4.2.5.

Tabla 4.2.5 Condición de cabina retenida

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reyes
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
T1, N	22179	22803	22803	22179	21840	21840	23491	23491	23491	21800	21800	21800	22537	22537	22741	22537	22537	22537	15990
T2, N	337	337	337	337	337	337	359	359	359	337	337	337	337	337	337	337	337	337	281
T1/T2	65,9	67,7	67,7	65,9	64,9	64,9	65,4	65,4	65,4	64,8	64,8	64,8	66,9	66,9	67,5	66,9	66,9	66,9	57,0
e ^f •α	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95
Cumple	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Modernización de una instalación de ascensores

En las últimas tres filas de la tabla 4.2.5 se observa el cumplimiento de esta tercera condición. Por lo tanto se ha verificado que la polea de tracción y los cables elegidos para la instalación cumplen las condiciones de tracción.

4.3 Motor

El grupo tractor es uno de los elementos más importantes en una instalación de ascensores, ya que es el órgano que se encarga de transmitir la fuerza al conjunto para que se produzca el movimiento tanto ascendente como descendente de la cabina.

La correcta elección del motor es determinante a la hora de realizar el estudio de eficiencia energética que se desarrolla en capítulos posteriores. Para la elección de este elemento, hay que determinar tres parámetros características de todos los motores, como son la potencia necesaria, la fuerza aplicada al eje del motor y el par de arranque necesario. Para determinar estos tres parámetros se han utilizado los datos de la tabla 4.3.1.

Tabla 4.3.1 Parámetros para cálculo del motor

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reyes
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Peso de Cabina y Armadura, Q _b : Kg	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1400	1400	1400	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1000
Carga Útil de la instalación, Q _u : Kg	800	800	800	800	800	800	900	900	900	800	800	800	800	800	800	800	800	800	630
Carga del Contrapeso, Q _c : Kg	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1850	1850	1850	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1315
Peso Elementos de Compensación, P _{cc} : Kg	211	274	274	211	176	176	95	95	95	172	172	172	247	247	268	247	247	247	0
Peso de los Cables, P _{ct} : Kg	228	297	297	228	191	191	111	111	111	187	187	187	268	268	290	268	268	268	25
Factor de Suspensión, i:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Velocidad de la instalación, V:	3,5	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	1,0
Diámetro Polea de Tracción, Dt:	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Rendimiento	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

La potencia máxima que debe dar el motor para poder mover la cabina tanto en sentido ascendente como descendente es la misma ya que el coeficiente de equilibrado es 0,5. Esta potencia será igual a la diferencia de pesos entre los ramales de la polea de tracción, multiplicada por la velocidad nominal y partido del rendimiento del conjunto motor-poleas. Todo esto se resume en la expresión 3.3.1.

$$P[\text{kW}] = \frac{9,81 \cdot (Q_b + Q_u - Q_c) \cdot V_n}{\mu \cdot 1000} \quad (4.3.1)$$

La potencia nominal del motor elegido ha de superar la potencia necesaria para poder mover la cabina.

El eje del motor sufre una serie de tensiones debido a las diferentes cargas. El valor de la tensión total será igual al cociente de la suma de las cargas de ambos ramales del motor entre el factor de suspensión, que en la instalación para todos los ascensores será 1.

$$FDR = \frac{Q_b + Q_u + Q_c + P_{cc}}{i} + P_{ct} \quad (4.3.2)$$

Modernización de una instalación de ascensores

El peso de los cables de suspensión no está dividido por el factor de suspensión ya que si el factor fuese superior a 2, el peso total de los cables se debería seguir teniendo en cuenta porque recorren la polea que reduce la fuerza de accionamiento.

El motor que se ha de instalar debe disponer de una capacidad de 240 arranques/hora, excepto para el ascensor de “Reyes” que debe ser de 180 arranques/hora. Para cada uno de estos arranques debe disponer de un par mínimo, el cual viene dado por la expresión 4.3.3.

$$\tau = 9,81 \cdot \frac{\left(\frac{Q_b + Q_u - Q_c}{\mu} + P_{ct} - P_{cc} \right) \cdot D_t}{2 \cdot i} \quad (4.3.3)$$

Sustituyendo los valores de la tabla 4.3.1 en las expresiones 4.3.1, 4.3.2 y 4.3.3, se obtienen los tres parámetros para la elección del motor. En la tabla 4.3.2 se muestran estos tres parámetros junto con el modelo de motor elegido y sus características.

Tabla 4.3.2 Modelos Elegidos

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reyes
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Potencia Necesaria, kW	17,2	17,2	17,2	17,2	14,7	14,7	11,0	11,0	11,0	14,7	14,7	14,7	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	3,9
Fuerza Aplicada en el eje, N	40606	41906	41906	40606	39899	39899	42729	42729	42729	39817	39817	39817	41353	41353	41777	41353	41353	41353	29133
Par de Arranque Necesario, N·m	1929	1949	1949	1929	1919	1919	2158	2158	2158	1917	1917	1917	1941	1941	1947	1941	1941	1941	1560
Motor Seleccionado:	FMR355-S8A327																		W163
Potencia Nominal del Motor: kW	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	7,5
Fuerza Admisible en el Eje, kN	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	32380
Par de Arranque dado por la Máquina, N·m	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	1696

Todos los modelos elegidos, exceptuando el de “Reyes”, disponen de tecnología *Gearless* de corriente alterna sin reductor. El pliego técnico da la posibilidad de colocar un motor con reductor en el grupo 3, pero se ha elegido un *Gearless* ya que son motores que ofrecen un rendimiento mucho mejor que los ya anticuados motores con reductor de tornillo sin fin. Los motores *Gearless* son motores de imanes permanentes que permiten la regulación de potencia a través de un convertidor de frecuencia. En la figura 4.3 se puede ver un ejemplo del modelo de motor FMR355 elegido para todos los grupos.

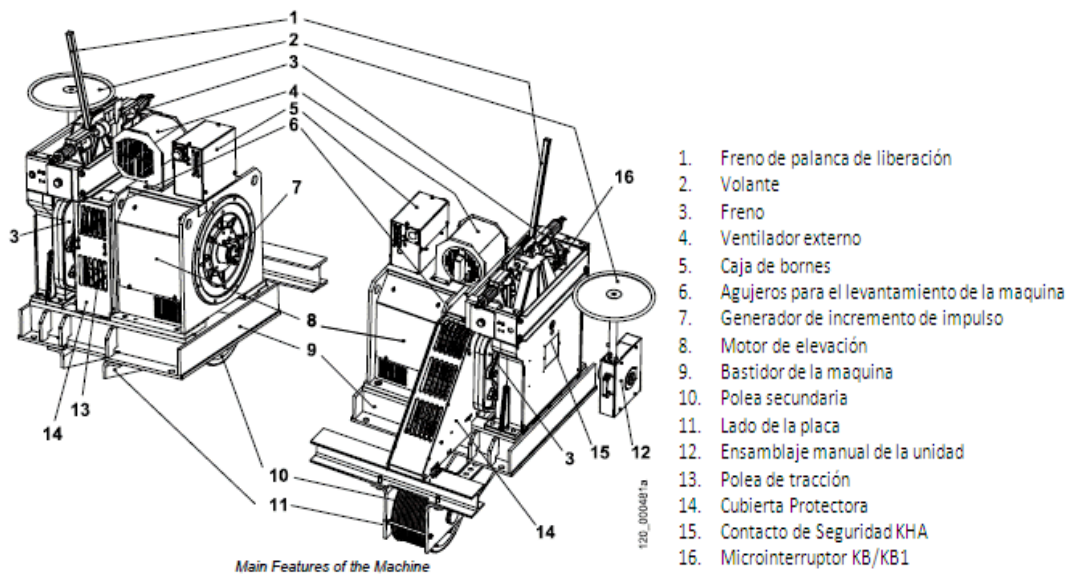


Figura 4.3 MotorFMR355 [16]

Con este método de regulación se puede conseguir una velocidad variable de cabina que reduce grandes gastos de energía y aumenta la precisión de la nivelación en planta.

En resumen, el uso de esta nueva tecnología consigue unos rendimientos extraordinarios, consumos energéticos muy reducidos, requiriendo un mantenimiento casi nulo y proporcionando un funcionamiento y frenado muy silencioso; y un confort de viaje únicos.

En el caso del ascensor de “Reyes” se ha elegido un modelo de motor con reductor y regulación por variador de frecuencia en bucle cerrado, por las exigencias del pliego técnico y al tratarse de un ascensor de uso reducido y con muy poco recorrido.

Se podía haber optado por la elección de un motor del tipo PMS para todos los grupos ya que sus características cumplen perfectamente con los valores obtenidos, pero los motores FMR dan mejores rendimientos y una vida de funcionamiento más larga para edificios de gran altura y con un gran número de paradas.

4.4 Guías de cabina y contrapeso

La resistencia de las guías, sus uniones y sus fijaciones debe ser suficiente para soportar las cargas y fuerzas a que se someten para asegurar un funcionamiento seguro del ascensor. Todos los requisitos que han de cumplir las guías están explicados en la Ref. [17]. Los aspectos para un funcionamiento seguro del ascensor relativos a las guías, son:

- Debe asegurarse el guiado de la cabina y del contrapeso.
- Las deformaciones deben limitarse hasta el punto que no ocurra un desbloqueo involuntario de las puertas, no debe afectar al funcionamiento de los

Modernización de una instalación de ascensores

dispositivos de seguridad y no debe ser posible que unas partes móviles puedan colisionar con otras.

El método para la selección de las guías es el expuesto en la Ref. [18]. Se toma como hipótesis de partida que la carga nominal Q_u se considera que no está distribuida uniformemente en el área de la cabina sino que es una carga puntual en el centro de la cabina. Además se asume que los dispositivos de seguridad actúan simultáneamente sobre las guías y que las fuerzas de frenado se distribuyen por igual. Así como la carga Q_u , el resto de cargas como el peso de la cabina, el contrapeso y los cables, tanto los de suspensión como los de compensación; se consideran que actúan en el centro de la cabina dejando la cabina perfectamente equilibrada.

Los esfuerzos que podrán afectar a las guías son:

- De pandeo por el peso de la cabina (contrapeso) y carga nominal.
- Durante la carga y descarga de la cabina en la pisadera.
- De flexión.
- Torsión en la base de la guía.

Por lo tanto, se considera que no tendrán influencia en la instalación la fuerza del viento, al ser una instalación completamente cubierta; y las fuerzas debidas a masa de equilibrado u otros equipos móviles de los que no dispone la instalación.

Dentro de la influencia de estos esfuerzos, habrá tres diferentes casos que habrá que estudiar para la elección de las guías de cabina. Estos tres casos son:

- Uso normal del ascensor
 - En funcionamiento
 - En carga y descarga
- Actuación de los dispositivos de seguridad

En cada caso actúan unos esfuerzos que se detallan en la tabla 4.4.1.

Tabla 4.4.1 Cargas y esfuerzos a tomar en consideración

Casos de carga	Cargas y esfuerzos	P	Q_u	F_s	F_k o F_c
Uso normal	funcionando	+	+	-	-
	carga + descarga	+	-	+	-
Actuación de dispositivo de seguridad	dispositivos de seguridad o similar	+	+	-	+

Modernización de una instalación de ascensores

donde P es el peso de la cabina (contrapeso), Q_u la carga nominal, F_s la fuerza aplicada en la pisadera en la carga y descarga de la cabina, y F_k y F_c , la fuerzas de pandeo en la cabina y contrapeso respectivamente. A continuación, se realizara el cálculo de los esfuerzos que sufren las guías en cada caso. Para la realización de los cálculos se necesitan una serie de parámetros relativos a las guías elegidas de la cabina (contrapeso) y las dimensiones de la cabina (contrapeso). Se exponen en las tablas 4.4.2 (tabla 4.4.3) y 4.4.5 (tabla 4.4.6), respectivamente para cabina y contrapeso.

Tabla 4.4.2 Parámetros de los modelos de guía de cabina

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Reges
Marca y Modelo	SAVERA:			"STAR"	Cepillado		"SUPER"
Cabina Minimo Pliego(cm)	127x88,9x15,88	127x88,9x15,88	127x88,9x15,88	127x88,9x15,88	127x88,9x15,88	127x88,9x15,88	89x62x15,88
Modelo elegido	T127-2/B	T127-2/B	T127-2/B	T127-2/B	T127-2/B	T127-2/B	T89/A
Omega (ω)	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	5,8
Area Frontal "A" (cm2)	28,72	28,72	28,72	28,72	28,72	28,72	15,77
Lambda (λ)	111,74	111,74	111,74	111,74	111,74	111,74	151,44
Radio de giro "i" (cm)	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	1,95
Longitud maxima guía entre fijaciones (cm)	295	295	295	295	295	295	295
Longitud minima entre rodaderas (cm)	200	200	200	200	200	200	200
Modulo x (cm3)	31,17	31,17	31,17	31,17	31,17	31,17	14,35
Modulo y (cm3)	36,20	36,20	36,20	36,20	36,20	36,20	11,78
Ix (cm4)	201,70	201,70	201,70	201,70	201,70	201,70	59,83
Iy (cm4)	229,90	229,90	229,90	229,90	229,90	229,90	52,41
E (Mpa)	275	275	275	275	275	275	300
c (mm)	10	10	10	10	10	10	10
Carga rotura minima (Mpa)	410	410	410	410	410	410	420
Coef. Seguridad	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	3,0
Tension permitida (Mpa)	228	228	228	228	228	228	140
Coef. Seguridad	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
Tension permitida (Mpa)	182	182	182	182	182	182	187

Tabla 4.4.3 Parámetros de los modelos de guía de contrapeso

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Reges
Marca	SAVERA:			"SUPER"	Calibrada		
Contrapeso Minimo (cm)	89x62x15,88	89x62x15,88	89x62x15,88	89x62x15,88	89x62x15,88	89x62x15,88	82,5x68,25x9
Modelo elegido	T89/A	T89/A	T89/A	T89/A	T89/A	T89/A	T82/A
Omega (ω)	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	8,0
Area Frontal "A" (cm2)	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	15,77	10,91
Lambda (λ)	161,82	161,82	161,82	161,82	161,82	161,82	177,39
Radio de giro "i" (cm)	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,66
Longitud maxima guía entre fijaciones (cm)	295	295	295	295	295	295	295
Longitud entre rodaderas (cm)	200	200	200	200	200	200	200
Modulo x (cm3)	14,35	14,35	14,35	14,35	14,35	14,35	10,27
Modulo y (cm3)	11,78	11,78	11,78	11,78	11,78	11,78	7,36
Ix (cm4)	59,83	59,83	59,83	59,83	59,83	59,83	49,31
Iy (cm4)	52,41	52,41	52,41	52,41	52,41	52,41	30,17
E (Mpa)	300	300	300	300	300	300	355
c (mm)	10	10	10	10	10	10	8
Carga rotura minima (Mpa)	420	420	420	420	420	420	470
Coef. Seguridad	3	3	3	3	3	3	3
Tension permitida (Mpa)	140	140	140	140	140	140	157

Los dos colores en el coeficiente de seguridad y la tensión límite de la guía de cabina son debido a que el coeficiente de seguridad es distinto para el caso de uso normal (gris claro) y para el caso de actuación del dispositivo de seguridad (gris oscuro). Con el contrapeso, no hay distinción ya que como se verá más adelante los esfuerzos en el caso de actuación del dispositivo de seguridad son más elevados. El cálculo de este valor se ha tomado de la tabla 4.4.3, que es la equivalente a la tabla 2 de Ref. [19].

Modernización de una instalación de ascensores

Tabla 4.4.4 Coeficientes de seguridad para guías

Casos de carga	Alargamiento (A_s)	Coeficiente de seguridad
Carga en uso normal	$A_s \geq 12\%$	2,25
	$8\% \leq A_s \leq 12\%$	3,75
Funcionamiento del paracaídas	$A_s \geq 12\%$	1,8
	$8\% \leq A_s \leq 12\%$	3,0

Tabla 4.4.5 Parámetros de la cabina y el hueco

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Profundidad (Dx)	1550	1550	1550	1550	1700	1700	1320	1320	1320	1450	1450	1450	1100	1100	1100	1150	1150	1150	267
Ancho (Dy)	1100	1100	1100	1100	1050	1050	1570	1570	1770	1150	1150	1150	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1092
XQ (mm)	193,75	193,75	193,75	193,75	212,50	212,50	165,00	165,00	165,00	181,25	181,25	181,25	137,50	137,50	137,50	143,75	143,75	143,75	33,38
Xc (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xq (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Distancia entre guías horizontal(mm)	1400	1265	1265	1191	1255	1139	1620	1632	1887	1200	1200	1200	1790	1838	1892	1840	1848	1743	1400
YQ (mm)	138	138	138	138	131	131	196	196	221	144	144	144	213	213	213	213	213	213	137
Yc (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yq (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xs (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ys (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 4.4.6 Parámetros del contrapeso y el hueco

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Profundidad (Dx)	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267	267
Ancho (Dy)	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092	1092
XQ (mm)	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Xc (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xq (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Distancia entre guías horizontal(mm)	1400	1265	1265	1191	1255	1139	1620	1632	1887	1200	1200	1200	1790	1838	1892	1840	1848	1743	1110
YQ (mm)	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
Yc (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Yq (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.4.1 Esfuerzos de Pandeo

Cuando la guía soporta el peso de la cabina y de la carga nominal, esta está sufriendo una carga de pandeo. El valor de esta carga se determina mediante la expresión 4.4.1.1 para las guías de cabina y la expresión 4.4.1.2 para las guías del contrapeso.

$$F_k = \frac{k_1 \cdot g \cdot (Q_b + Q_u)}{n} \quad (4.4.1.1)$$

$$F_c = \frac{k_1 \cdot g \cdot (Q_b + q \cdot Q_u)}{n} \quad (4.4.1.2)$$

Modernización de una instalación de ascensores

Donde P es el peso de la cabina en vacío y el cable de compensación, n el número de guías que es igual a 2, y K_1 el factor de impacto que se obtiene de la tabla 4.4.7 que es equivalente a la tabla G.1 de Ref. [18].

Tabla 4.4.7 Factores de Impacto

Impacto por	Factor de impacto	Valor
Actuación de paracaídas instantáneo o dispositivo de bloqueo, excepto de tipo de rodillo	k_1	5
Actuación de paracaídas instantáneo de tipo de rodillo, o dispositivo de bloqueo de tipo de rodillo, o dispositivo de retén con amortiguador de tipo de acumulación de energía, o amortiguador de acumulación de energía.		3
Actuación de paracaídas progresivo, o dispositivo de bloqueo progresivo, o dispositivo de retén con amortiguador de tipo de disipación de energía, o amortiguador de tipo de disipación de energía		2
Válvula paracaídas		2
Funcionando	k_2	1,2
Partes auxiliares	k_3	(...) ¹⁾
1) El valor tiene que determinarse por el fabricante, puesto que depende de cada instalación real.		

El sistema de seguridad de la instalación de todos los ascensores dispone de un paracaídas progresivo, por lo tanto el valor de K_1 será de 2.

En la tabla 4.4.8 se muestra el resultado al evaluar los datos en las expresiones 4.4.1.1 y 4.4.1.2.

Tabla 4.4.8 Cargas de Pandeo

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reyes
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Cabina (N), Fk	22179	22803	22803	22179	21840	21840	23491	23491	23491	21800	21800	21800	22537	22537	22741	22537	22537	22537	15990
Contrapeso (N), Fc	18255	18879	18879	18255	17916	17916	19077	19077	19077	17876	17876	17876	18613	18613	18817	18613	18613	18613	12900

El esfuerzo de pandeo se determina mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_k = \left(\frac{F_k + k_3 \cdot M}{A} \right) \cdot \omega \quad (4.4.1.3)$$

Donde k_3 es el factor de impacto que será cero al no disponer de partes auxiliares al igual que la fuerza en las guías (M), y ω es la omega de las guías que se determina mediante la siguiente expresión para un valor de resistencia a la tracción de la guía de 520 N/mm^2 .

$$89 \leq \lambda \leq 250: \quad \omega = 0,000\,253\,30 \cdot \lambda^2$$

λ es el coeficiente de esbeltez

Los valores de los esfuerzos de pandeo están reflejados en la tabla 4.4.9.

Modernización de una instalación de ascensores

Tabla 4.4.9 Esfuerzos de Pandeo

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Cabina (MPa), σ_k	24,42	25,11	25,11	24,42	24,05	24,05	25,87	25,87	25,87	24,01	24,01	24,01	24,82	24,82	25,04	24,82	24,82	24,82	58,90
Contrapeso (Mpa), σ_c	76,78	79,41	79,41	76,78	75,35	75,35	80,24	80,24	80,24	75,19	75,19	75,19	78,29	78,29	79,14	78,29	78,29	78,29	94,25

4.4.2 Esfuerzos de Flexión

En función del caso que se vaya a analizar, los esfuerzos de flexión varían. Por lo tanto a continuación se realizaran estos cálculos para cada caso por separado. Los resultados para las guías de cabina se detallan en la tabla 4.4.10, y para las guías de contrapeso, solo se ha considerado el caso más restrictivo con actuación del dispositivo de seguridad. Los resultados para las guías de contrapeso se detallan en la tabla 4.4.11

a) Uso normal

a.1) *Ascensor funcionando*

Las cargas y esfuerzos de flexión se calculan a partir de las siguientes expresiones:

$$F_x = \frac{k_2 \cdot g \cdot [Q_u \cdot (x_Q - x_s) + (Q_b + P_{cc}) \cdot (x_p - x_s)]}{n \cdot h}, M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}, \sigma_y = \frac{M_y}{W_y}$$

$$F_y = \frac{k_2 \cdot g \cdot [Q_u \cdot (y_Q - y_s) + (Q_b + P_{cc}) \cdot (y_p - y_s)]}{\frac{n}{2} \cdot h}, M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}, \sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$$

donde

F_x : carga en las guías en dirección del eje x.

F_y : carga en las guías en dirección del eje y.

x_Q, y_Q : posición del punto de aplicación del peso de la cabina.

x_s, y_s : posición de la fijación de los cables a la cabina.

x_p, y_p : posición del punto de aplicación de la carga nominal.

h : longitud entre rodaderas.

M_x : esfuerzo de flexión en el eje x.

M_y : esfuerzo de flexión en el eje y.

l : longitud máxima entre fijaciones.

W_x, W_y : modulo de elasticidad.

k_2 : factor de impacto.

k_2 viene dado por la tabla 4.4.7 y el resto de variables vienen dadas en las tablas 4.4.2 y 4.4.3. Los ejes X e Y se definen según la figura 4.4.1.

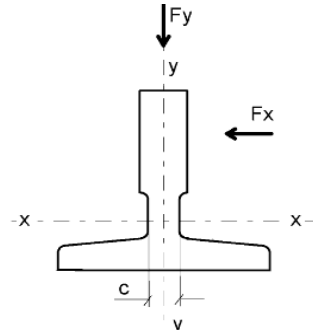


Figura 4.4.1 Ejes de referencia de la guía

a.2) Ascensor en carga y descarga

Las cargas y esfuerzos de flexión vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$F_x = \frac{g \cdot Q_b \cdot (x_p - x_s) + F_s \cdot (x_i - x_s)}{n \cdot h}, \quad M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}, \quad \sigma_y = \frac{M_y}{W_y}$$

$$F_y = \frac{g \cdot Q_b \cdot (y_p - y_s) + F_s \cdot (y_i - y_s)}{\frac{n}{2} \cdot h}, \quad M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}, \quad \sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$$

donde F_s es la carga en la pisadera que se determina mediante la expresión siguiente:

$$F_s = 0,4 \cdot g \cdot Q_u \quad (4.4.2.1)$$

Esta expresión es válida para ascensores con cargas nominales menores de 2500 Kg en viviendas, oficinas, hoteles, hospitales, etc. El valor de esta carga también viene reflejado en la tabla 4.4.10.

b) Actuación del dispositivo de seguridad

Las cargas y esfuerzos de flexión vienen dadas por las siguientes expresiones:

$$F_x = \frac{k_1 \cdot g \cdot [Q_u \cdot x_Q + (Q_b + P_{cc}) \cdot x_p]}{n \cdot h}, \quad M_y = \frac{3 \cdot F_x \cdot l}{16}, \quad \sigma_y = \frac{M_y}{W_y}$$

$$F_y = \frac{k_1 \cdot g \cdot [Q_u \cdot y_Q + (Q_b + P_{cc}) \cdot y_p]}{\frac{n}{2} \cdot h}, \quad M_x = \frac{3 \cdot F_y \cdot l}{16}, \quad \sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$$

Modernización de una instalación de ascensores

Tabla 4.4.10 Cargas y esfuerzos de flexión en las guías de cabina

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Fx funcionamiento (N)	456	456	456	456	500	500	437	437	437	427	427	427	324	324	324	338	338	338	62
Fy funcionamiento (N)	324	324	324	324	309	309	520	520	586	338	338	338	500	500	500	500	500	500	253
Fs (N)	3.139	3.139	3.139	3.139	3.139	3.139	3.532	3.532	3.532	3.139	3.139	3.139	3.139	3.139	3.139	3.139	3.139	3.139	2.472
Fx en carga (N)	608	608	608	608	667	667	583	583	583	569	569	569	432	432	432	451	451	451	83
Fy en carga (N)	863	863	863	863	824	824	1386	1386	1563	903	903	903	1334	1334	1334	1334	1334	1334	675
Fx disp. Seguridad (N)	760	760	760	760	834	834	728	728	728	711	711	711	540	540	540	564	564	564	103
Fy disp. Seguridad (N)	1079	1079	1079	1079	1030	1030	1733	1733	1953	1128	1128	1128	1668	1668	1668	1668	1668	1668	944
σ_x (Mpa)	11,68	11,68	11,68	11,68	11,15	11,15	18,76	18,76	21,15	12,22	12,22	12,22	18,06	18,06	18,06	18,06	18,06	18,06	19,84
σ_y (Mpa)	7,09	7,09	7,09	7,09	7,77	7,77	6,79	6,79	6,79	6,63	6,63	6,63	5,03	5,03	5,03	5,26	5,26	5,26	2,95
σ_x (Mpa)	4,38	4,38	4,38	4,38	4,18	4,18	7,04	7,04	7,93	4,58	4,58	4,58	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77	7,44
σ_y (Mpa)	5,32	5,32	5,32	5,32	5,83	5,83	5,09	5,09	5,09	4,97	4,97	4,97	3,77	3,77	3,77	3,94	3,94	3,94	2,22
σ_x (Mpa)	11,68	11,68	11,68	11,68	11,15	11,15	18,76	18,76	21,15	12,22	12,22	12,22	18,06	18,06	18,06	18,06	18,06	18,06	19,84
σ_y (Mpa)	7,09	7,09	7,09	7,09	7,77	7,77	6,79	6,79	6,79	6,63	6,63	6,63	5,03	5,03	5,03	5,26	5,26	5,26	2,95
LEYENDA																			
										Funcionando									
										Carga + Descarga									
										Disp. Seguridad									

Tabla 4.4.11 Cargas y esfuerzos de flexión en las guías de contrapeso

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Fx (N)	131	131	131	131	131	131	147	147	147	131	131	131	131	131	131	131	131	131	103
Fy (N)	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1205	1205	1205	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	1071	844
σ_x (Mpa)	41,29	41,29	41,29	41,29	41,29	41,29	46,45	46,45	46,45	41,29	41,29	41,29	41,29	41,29	41,29	41,29	41,29	41,29	45,44
σ_y (Mpa)	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.92	6.92	6.92	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	6.15	7.75

4.4.3 Esfuerzos combinados

Hay que estudiar la combinación de los diferentes esfuerzos para cada caso de estudio, acorde a la tabla 4.4.1.

a) Uso normal

Cuando el ascensor se utiliza para “uso normal”, las guías están sometidas exclusivamente a los esfuerzos de flexión σ_m y de compresión, y por lo tanto se han de cumplir las siguientes restricciones:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma = \sigma_m + \frac{k_3 \cdot M}{A} \leq \sigma_{perm}$$

El resultado de estos esfuerzos combinados se muestra en la tabla 4.4.12 para los casos de ascensor en funcionamiento y en carga y descarga.

Tabla 4.4.12 Esfuerzos combinados en “uso normal”

	Grupo 1				Grupo 2			Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32	
Flexión (MPa)	12,71	12,71	12,71	12,71	13,13	13,13	15,90	15,90	17,08	12,53	12,53	12,53	13,82	13,82	13,82	14,05	14,05	14,05	12,66	
Flexión+Compresion (Mpa)	20,44	20,44	20,44	20,44	20,85	20,85	23,62	23,62	24,80	20,25	20,25	20,25	21,55	21,55	21,55	21,77	21,77	21,77	20,38	
Flexión (MPa)	24,61	24,61	24,61	24,61	24,82	24,82	33,50	33,50	36,64	24,71	24,71	24,71	30,27	30,27	30,27	30,57	30,57	30,57	29,89	
Flexión+Compresion (Mpa)	32,34	32,34	32,34	32,34	32,54	32,54	41,22	41,22	44,36	32,43	32,43	32,43	37,99	37,99	37,99	38,29	38,29	38,29	37,61	

Modernización de una instalación de ascensores

b) Actuación del dispositivo de seguridad

Cuando se activa el dispositivo de seguridad, adicionalmente a los esfuerzos de “uso normal” está presente en las guías los esfuerzos de pandeo:

$$\sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma = \sigma_m + \frac{F_k + k_3 \cdot M}{A} \leq \sigma_{perm}$$

$$\sigma_c = \sigma_k + 0,9 \cdot \sigma_m \leq \sigma_{perm}$$

Los resultados se detallan tanto para cabina como contrapeso en las tablas 4.4.13 y 4.4.14 respectivamente.

Tabla 4.4.13 Esfuerzos combinados en cabina en actuación del disp. Seguridad

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Flexión (MPa)	30,77	30,77	30,77	30,77	31,02	31,02	41,88	41,88	45,79	30,89	30,89	30,89	37,84	37,84	37,84	38,21	38,21	38,21	37,36
Flexión+Compresión (Mpa)	38,49	38,49	38,49	38,49	38,74	38,74	49,60	49,60	53,52	38,61	38,61	38,61	45,56	45,56	45,56	45,94	45,94	45,94	45,08
Pandeo+ 90% Flexión (Mpa)	52,11	52,11	52,11	52,11	52,34	52,34	62,11	62,11	65,64	52,22	52,22	52,22	58,48	58,48	58,48	58,82	58,82	58,82	58,05

Tabla 4.4.14 Esfuerzos combinados en contrapeso en actuación del disp. Seguridad

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Flexión (MPa)	47,44	47,44	47,44	47,44	47,44	47,44	53,37	53,37	53,37	47,44	47,44	47,44	47,44	47,44	47,44	47,44	47,44	47,44	53,19
Flexión+Compresión (Mpa)	59,02	59,41	59,41	59,02	58,80	58,80	65,47	65,47	65,47	58,78	58,78	58,78	59,24	59,24	59,37	59,24	59,24	59,24	65,01
Pandeo+ 90% Flexión (Mpa)	119,48	122,10	122,10	119,48	118,05	118,05	128,27	128,27	128,27	117,88	117,88	117,88	120,99	120,99	121,84	120,99	120,99	120,99	142,12

Como se puede observar en ambas tablas los esfuerzos más elevados corresponden a la combinación de pandeo y flexión durante la actuación de los dispositivos de seguridad, como ya se había adelantado y motivo por el cual solo se ha estudiado este caso para las guías de contrapeso. Como los esfuerzos más elevados no llegan al valor de tensión permitida por la guía, se da por satisfecha las restricciones de tensión permitida para el modelo de guía.

4.4.4 Torsión de la base de guía

Debido a la fuerza en la dirección del eje X, en la base de la guía se produce un esfuerzo debido a torsión. Para guías de perfil en T, como son las utilizadas en la instalación, se obtienen el valor de este esfuerzo mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_F = \frac{1,85 \cdot F_x}{c^2} \quad (4.4.4.1)$$

Modernización de una instalación de ascensores

donde c es la anchura de la parte de conexión de la base con la cabeza de la guía, en milímetros. Los resultados tanto para las guías de cabina como del contrapeso se muestran en la tabla 4.4.15.

Tabla 4.4.15 Esfuerzos de torsión

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
CABINA																			
Torsión (MPa)	8,44	8,44	8,44	8,44	9,26	9,26	8,09	8,09	8,09	7,89	7,89	7,89	5,99	5,99	5,99	6,26	6,26	6,26	1,14
Torsión (MPa)	11,25	11,25	11,25	11,25	12,34	12,34	10,78	10,78	10,78	10,53	10,53	10,53	7,99	7,99	7,99	8,35	8,35	8,35	1,53
Torsión (MPa)	14,07	14,07	14,07	14,07	15,43	15,43	13,48	13,48	13,48	13,16	13,16	13,16	9,98	9,98	9,98	10,44	10,44	10,44	1,91
CONTRAPESO																			
Torsión (MPa)	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,73	2,73	2,73	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	2,42	3,39

Se observa que para todas las guías cumple que el esfuerzo de torsión es inferior al permitido de fabricación. Por lo tanto se da por satisfecha la cumplimentación de este esfuerzo.

4.4.5 Flechas

Las flechas se han de calcular según las expresiones siguientes:

$$\delta_y = 0,7 \cdot \frac{F_y \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (4.4.5.1)$$

$$\delta_x = 0,7 \cdot \frac{F_x \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \quad (4.4.5.2)$$

donde l es la máxima distancia que hay entre dos fijaciones consecutivas. En la tablas 4.4.16 y 4.4.17 se muestran los resultados para las guías de cabina y contrapeso respectivamente.

Tabla 4.4.16 Flechas de las guías de cabina

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Flecha X (mm)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Flecha X (mm)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Flecha X (mm)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
Flecha Y (mm)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06
Flecha Y (mm)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,11	0,11	0,12	0,07	0,07	0,07	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,16
Flecha Y (mm)	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,13	0,13	0,15	0,09	0,09	0,09	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,20

Tabla 4.4.17 Flechas de las guías de contrapeso

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32
Flecha X (mm)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Flecha Y (mm)	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,29	0,29	0,29	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,21

Modernización de una instalación de ascensores

El valor de las flechas máximas permitidas para este tipo de guías viene establecido en la Ref. [19]. Este valor es de 5mm para guías con actuación del paracaídas sobre ellas. Por lo tanto, queda satisfecha esta condición ya que ninguna de las flechas supera este valor.

Una vez visto el cumplimiento de la última condición para dimensionar las guías, se puede afirmar que las guías elegidas son aptas para la instalación y ofrecen alta seguridad al guiado de la cabina y el contrapeso.

4.4.6 Estudio posterior de guías

Los valores de las flechas que sufren las guías debido a los diferentes esfuerzos son muy bajos ya que las dimensiones y características de las guías son muy elevadas. A priori, estas flechas no provocan ningún daño en las guías y su funcionamiento ha de ser correcto. Pero en la experiencia, estas pequeñas variaciones en las guías con el uso prolongado pueden provocar vibraciones en la cabina durante el desplazamiento de la misma. Para controlar este aspecto se lleva a cabo un estudio en instalaciones con una cierta antigüedad. Este estudio consiste en la medición de las vibraciones en cabina mediante el uso de un aparato que se coloca en el suelo de cabina y que dispone de acelerómetros para captar las vibraciones en los ejes x e y, definidos en la figura 4.4.2. También se realizan medidas en el eje z, pero estas vibraciones son debidas a la tracción.

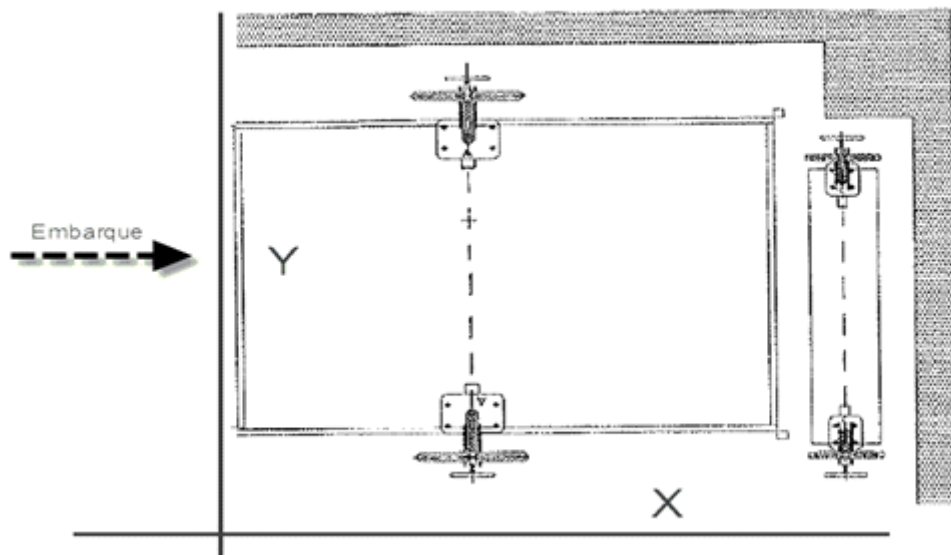


Figura 4.4.2 Ejes del estudio de guías

El estudio se realiza desde la parada más baja hasta la más alta y viceversa, midiendo la evolución de las vibraciones con el tiempo, como muestran las figuras 4.4.3 y 4.4.4.

Modernización de una instalación de ascensores

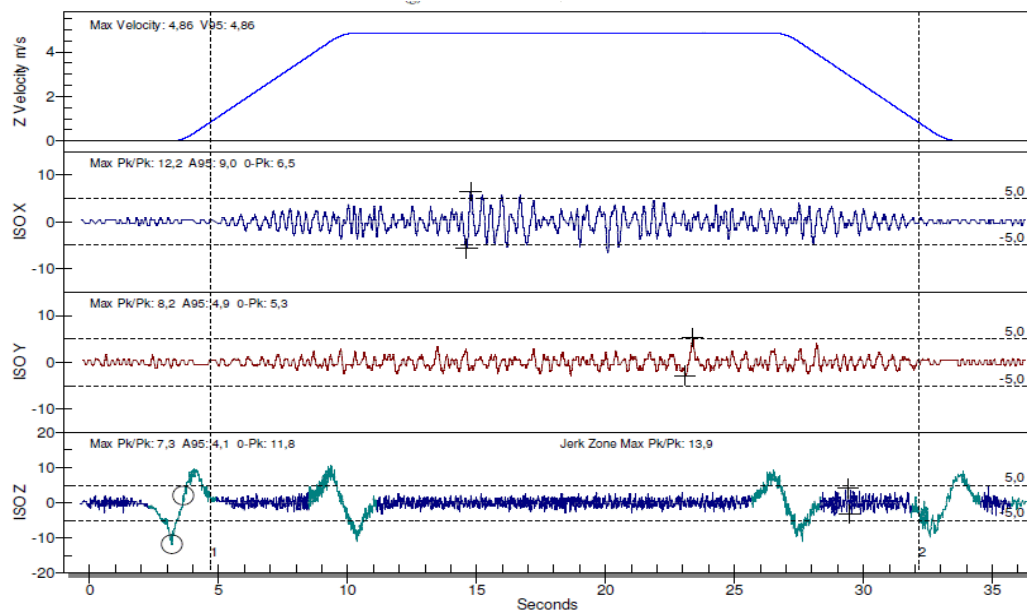


Figura 4.4.3 Medidas aceleraciones para el ascenso

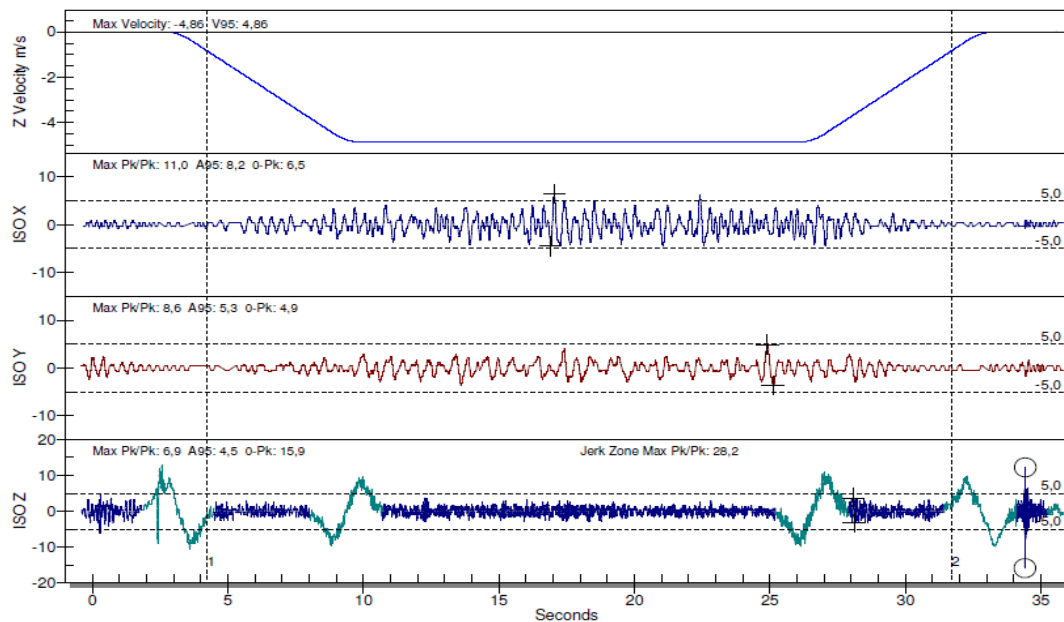


Figura 4.4.4 Medidas aceleraciones para el descenso

De estas graficas se obtienen dos valores significativos para evaluar el nivel de confort en la cabina, establecidos por la norma ISO 18738. Estos dos valores son el *máximo pico-pico* (*máximum peak to peak*) que corresponde a la mayor diferencia entre dos picos consecutivos (se muestran en la gráfica con cruces), y el *promedio A95* que consiste en un promedio del 95% de las medidas superiores.

El criterio para determinar el nivel de confort viene dado por la tabla 4.4.18 para los ejes x, y, z.

Modernización de una instalación de ascensores

Ride Quality	Unit	Minimum	Good	Superior
Horizontal vibration (x/y-axis) maximum peak to peak (ride zone) [ISO 18738]	mg	16	13	9
Horizontal vibration (x/y-axis) A95 peak to peak (ride zone) [ISO 18738]	mg	13	10	6
Vertical vibration (z-axis) maximum peak to peak (const. acc. region) [ISO 18738]	mg	18	15	11
Vertical vibration (z-axis) A95 peak to peak (const. acc. region) [ISO 18738]	mg	15	12	8
LEYENDA				

Tabla 4.4.18 Niveles de confort en cabina [20]

Una vez obtenidos ambos valores y visto su correspondencia con la tabla 4.4.18 se irán realizando las correcciones pertinentes en las guías para mejorar el nivel de vibraciones a la altura donde se han obtenido medidas por debajo de los límites (color rojo). Los motivos por los cuales aparecen vibraciones en el eje x son debido a los esfuerzos de flexión de las guías, y en el eje y es debido a la apertura de las guías. Para la corrección de estas vibraciones se realiza un alineado de las guías y se vuelvan a tomar medidas para observar la mejora obtenida.

A continuación se presenta el estudio de un ascensor de características similares a los ascensores 9 y 10 del grupo 1. Este ascensor tiene un recorrido de 116 metros y funciona a una velocidad 4,9 m/s. Las figuras 4.4.3 y 4.4.4 corresponden a las medidas tomadas para este ascensor. En las tablas 4.4.19 y 4.4.20 se muestran las vibraciones obtenidas a diferentes alturas para ambos ejes, y en la tabla 4.4.21 se puede ver un resumen de las medidas y el nivel de confort en cabina.

Tabla 4.4.19 Medidas eje x

	Medida 1		Medida 2	
	▲	▼	▲	▼
Distancia hueco	116,39	116,25	116,29	116,29
A95	8,2	8,2	8,2	8,2
120				
110				
100				
90				
80				
70		11,42		11
60				
50	11,798	11,837	12	11,798
40	13,1		13,1	
30				
20				
10				
0				

Tabla 4.4.20 Medidas eje y

	Medida 1		Medida 2	
	▲	▼	▲	▼
Distancia hueco	116,39	116,25	116,29	116,29
A95	5,7	6,5	5,3	5,7
120				
110				
100				
90				
80		9,4		8,6
70				
60				
50				
40				
30				
20				
10				
0				

Modernización de una instalación de ascensores

Tabla 4.4.21 Resumen de nivel de confort

		MEDIDA 1				MEDIDA 2	
		SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA
Distancia (m)		116	-116	116	-116	116	-116
Velocidad (m/s)		4,9	-4,9	4,9	-4,9	4,9	-4,9
Vibracion X	Max Pk/Pk	13,1	14,3	13,1	14,3	12,2	11
	A95	8,2	8,2	8,2	8,2	9	8,2
Vibracion Y	Max Pk/Pk	7,8	9,4	7,8	8,6	8,2	8,6
	A95	5,7	6,5	5,3	5,7	4,9	5,3
Vibracion Z	Max Pk/Pk	5,3	5,3	7,3	5,3	7,3	6,9
	A95	4,1	3,7	4,5	3,7	4,1	4,5

Inicialmente se realiza unas medidas de las vibraciones en movimiento ascendente y descendente (Medidas 1), se realiza la corrección de las guías si es necesario, y se vuelve a realizar otra medida para ver la mejora (Medida 2).

El resultado del estudio de este ascensor es muy positivo ya que las guías se encuentran bien alineadas con la cabina y el nivel de confort para los ejes “z” e “y” es el más elevado que se puede obtener, mientras que para las vibraciones en el eje “x” el nivel no es el mejor pero es muy bueno.

4.5 Amortiguadores

Todos los requisitos que han de cumplir los amortiguadores vienen detallados en la Ref. [21]. Los principales requisitos son:

- Deceleración media igual o inferior a 1 g cuando la cabina choca contra los amortiguadores al 115% de la velocidad nominal.
- Una deceleración de más de 2,5 g no debe exceder de 0,04 segundos.
- No debe haber deformación permanente después del accionamiento.
- Carrera mínima de seguridad.

Los tres primeros requisitos los han de cumplir todos los amortiguadores de disipación de energía. El último de los requisitos a cumplir será el determinante a la hora de elegir un modelo u otro.

Modernización de una instalación de ascensores

Con la gráfica de la figura 4.6 se puede determinar la carrera mínima de los amortiguadores a partir del tipo de amortiguador y la velocidad nominal. En esta gráfica, se obtiene la carrera mínima del amortiguador con el valor de la velocidad correspondiente y mirando en la curva 3, que corresponde a los amortiguadores con disipación de energía sin reducción en la carrera (tipo de amortiguadores exigidos en el pliego técnico).

En la figura 4.5 se muestran los diferentes modelos de amortiguadores de la marca Oleo, y la figura 4.7 es un detalle de la estructura y los parámetros principales del amortiguador.

Oleo LB Series - heavy installations 1.6 - 4.06 m/s 315 - 800 ft/min 500 - 8330 kg 1100 - 18,360 lbs									
Model		LB 16.001	LB 18.001	LB 20.001	LB 23.001	LB 25.003	LB 32.002	LB 35.001	LB 40.001
Rated speed	m/s	1.60	1.80	2.03	2.30	2.54	3.15	3.56	4.06
	ft/min	315	355	400	453	500	620	700	800
Maximum striking speed	m/s	1.84	2.07	2.34	2.65	2.92	3.62	4.09	4.67
	ft/min	362	408	460	522	575	713	805	920
Impact mass range	kg	500 - 8330	500 - 8330	500 - 8330	500 - 8330	500 - 8330	700 - 8330	1000 - 8330	1000 - 8330
	lbs	1102 - 18,364	1102 - 18,364	1102 - 18,364	1102 - 18,364	1102 - 18,364	1543 - 18,364	2204 - 18,364	2204 - 18,364
Stroke "S"	mm	203	249	300	387	462	699	881	1141
	ins	7.99	9.80	11.81	15.24	18.19	27.52	34.69	44.92
Height "H"	mm	609	715	831	1030	1203	1698	2100	2685
	ins	23.98	28.15	32.72	40.55	47.36	66.85	82.68	105.71
Height "J"	mm	355	414	479	591	689	947	1167	1492
	ins	13.98	16.30	18.86	23.27	27.13	37.28	45.94	58.74
Unit weight (less oil)	kg	25.70	28.20	30.70	36.20	41.70	57.70	69.20	85.70
	lbs	56.67	62.18	67.69	79.82	91.95	127.23	152.59	188.97
Oil volume ISO VG 68	litres	4.62	5.58	6.64	8.45	10.00	20.00	24.50	31.50
	U.S. gals	1.22	1.47	1.75	2.23	2.64	5.28	6.47	8.32
<small>Note: reduced stroke with approved terminal speed (rating device, applying EN 81-1, rule 10.4.3.2 (ASME A17.1 rule 201.4a)) the buffers can be used for installations with rated speeds as follows:</small>									
Rated speed	m/s					LB 25.003	LB 32.002	LB 35.001	LB 40.001
	ft/min					3.59 706	4.45 876	5.03 990	7.03 1384

Figura 4.5 Modelos de amortiguadores de la marca Oleo [22]

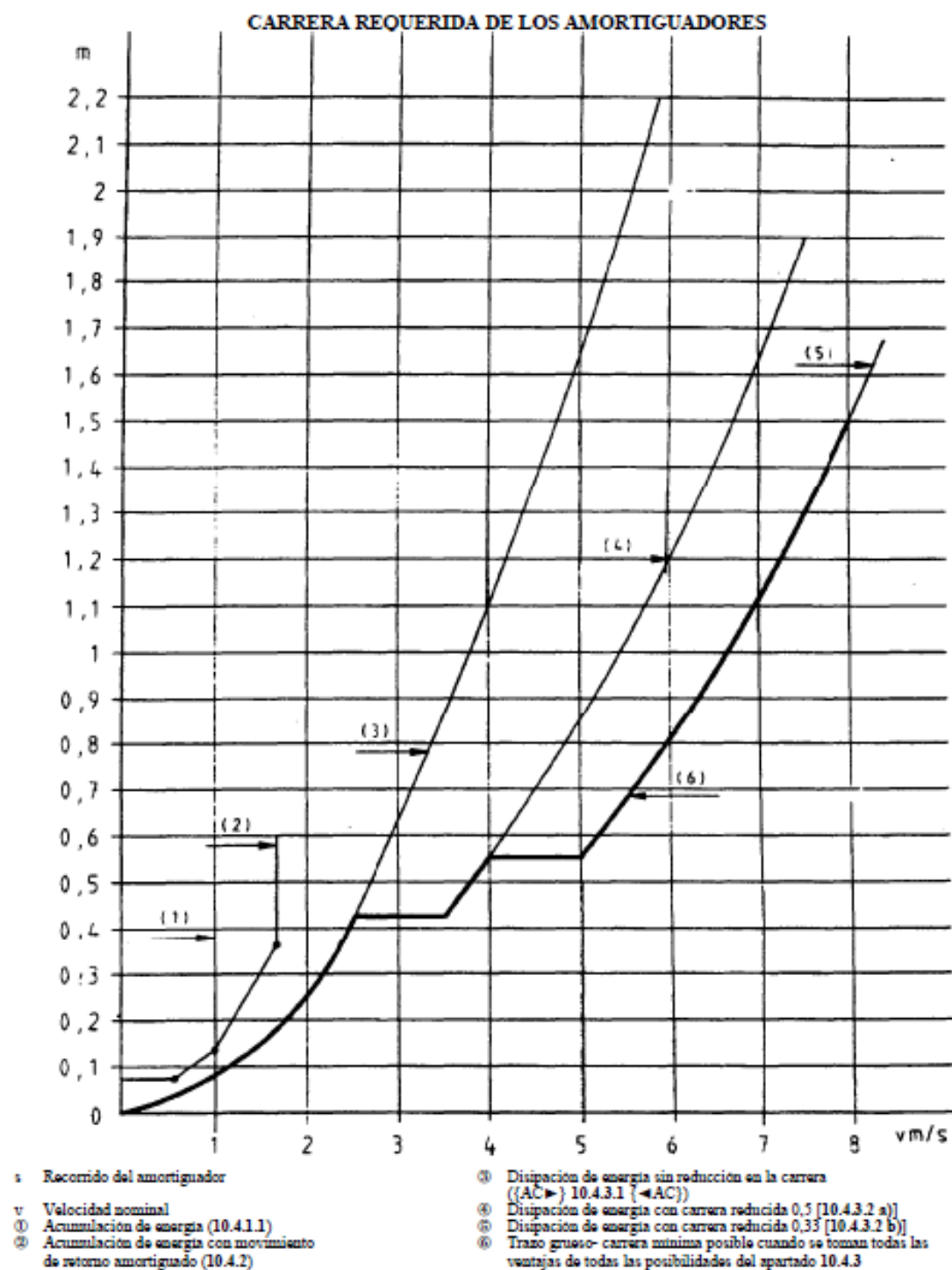


Figura 4.6 Carrera mínima de los amortiguadores [23]

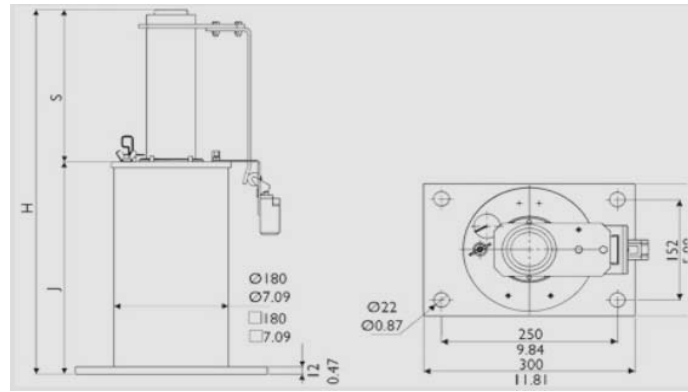


Figura 4.7 Estructura de un amortiguador

Los resultados de evaluar cada ascensor en la gráfica de la figura 4.6 se muestran en la tabla 4.5 junto con el modelo de amortiguador elegido.

Tabla 4.5 Modelos de amortiguador elegidos

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Reyes
Velocidad	3,5	3,0	2,0	3,0	3,5	3,5	1,0
Carrera Min.Requerida Cabina (mm)	820	620	250	620	820	820	100
Amortiguador de Cabina	LB 35.001	LB 32.002	LB 20.001	LB 32.002	LB 35.001	LB 35.001	Amortiguador de resorte
Carrera modelo cabina (mm)	881	699	300	699	881	881	
Carrera Min.Requerida Contrapeso (mm)	430	430	250	430	430	430	100
Amortiguador de Contrapeso	LB 25.003	LB 25.003	LB 20.001	LB 25.003	LB 25.003	LB 25.003	Amortiguador de tope PUR
Carrera modelo contrapeso (mm)	462	462	300	462	462	462	

El amortiguador de “Reyes” es una amortiguador de disipación de energía compuesto por unos topes de Poliuretano (figura 4.8) diseñados para ascensores de hasta 1,2 m/s.



Figura 4.8 Amortiguador de topes de Poliuretano [24]

4.6 Distancias de seguridad

En [25] se citan una serie de condiciones que ha de cumplir la parte superior del hueco. Estas condiciones son las siguientes para un ascensor de tracción por adherencia:

1. Contrapeso apoyado en los amortiguadores:

- a) Longitud de las guías que permita un recorrido guiado.
- b) Distancia entre nivel más alto del techo de cabina y nivel más bajo del techo del hueco.
- c) Distancia entre las partes más bajas del techo del hueco y:
 - c.1) órganos de mayor altura en el techo de cabina.
 - c.2) parte más alta de guideras, amarres u rodaderas.

2. Longitud de las guías de contrapeso cuando la cabina se encuentra apoyada en los amortiguadores.

En la tabla 4.6.1 se muestran las expresiones a utilizar para el cálculo de estas distancias y los resultados para la instalación.

Tabla 4.6 Distancias de seguridad

Distancias (m)	Expresion	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Reyes
1. a)	$0,1 + 0,035 v^2$	0,53	0,42	0,24	0,42	0,53	0,53	0,14
1. b)	$1,0 + 0,035 v^2$	1,43	1,32	1,14	1,32	1,43	1,43	1,04
1. c. 1)	$0,3 + 0,035 v^2$	0,73	0,62	0,44	0,62	0,73	0,73	0,34
1. c. 2)	$0,1 + 0,035 v^2$	0,53	0,42	0,24	0,42	0,53	0,53	0,14
2	$0,1 + 0,035 v^2$	0,53	0,42	0,24	0,42	0,53	0,53	0,14
Velocidad		3,5	3,0	2,0	3,0	3,5	3,5	1,0

Además de estas expresiones, se puede utilizar un gráfico para el cálculo de estas distancias, y que se corresponde con la figura 4.9.

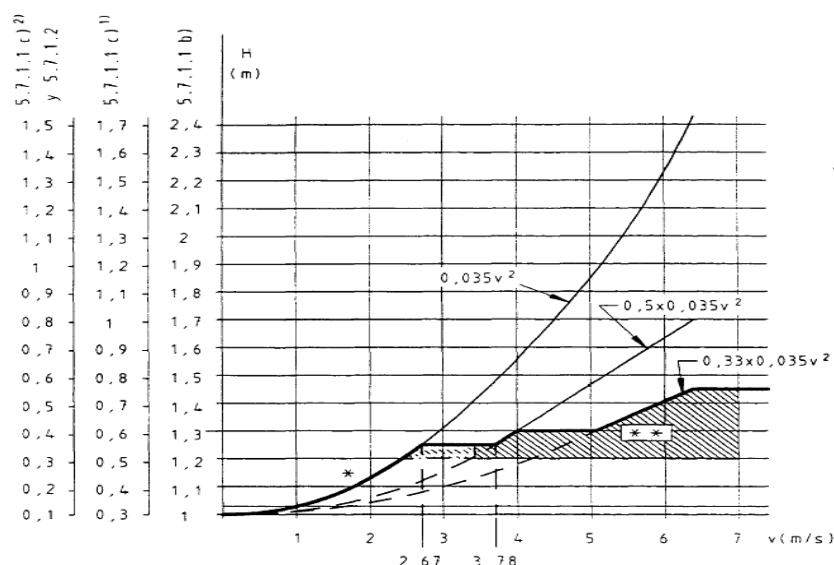


Figura 4.9 Gráfico de distancias de seguridad [26]

Capítulo 5: Estudio de Tráfico

La instalación de ascensores ha de ser capaz de cubrir todo el tráfico de pasajeros que llega al edificio de estudio. El método para el estudio de la actividad de los ascensores y que defina el sistema de transporte vertical más adecuado recibe la denominación genérica de Estudio de Tráfico.

Para realizar un estudio de tráfico lo más cercano posible a la actividad real de un edificio de estas características, se debe plantear cuando y de que magnitud será el tráfico más crítico para la instalación. En un edificio de oficinas de una misma entidad, el tráfico de pasajeros se asemeja al de la figura 5.1 tanto para tráfico ascendente como descendente.

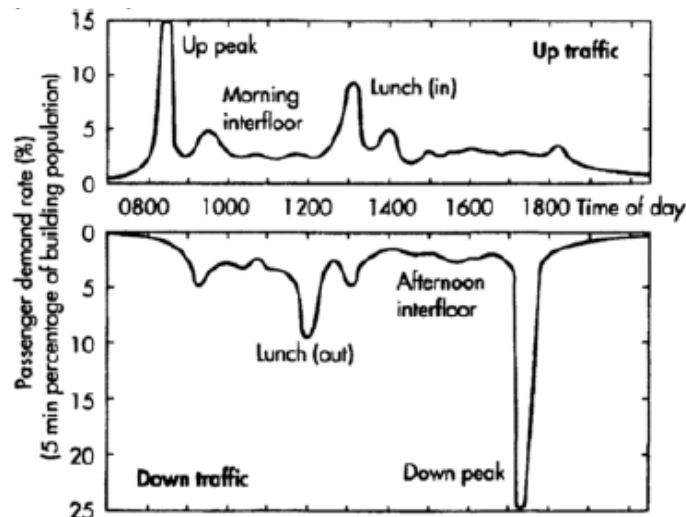


Figura 5.1 Tráfico ascendente y descendente a lo largo del día [27]

En el tráfico ascendente se puede diferenciar tres picos de demanda de ascensores. El primero de ellos corresponde a la hora de entrada del personal (*Up-Peak*) entre las 8 y 9 de la mañana, el intermedio se debe al tráfico sobre las 10 y 11 horas debido al viaje entre plantas (*Morning Interfloor*), y el último pico a la hora de entrada en las oficinas tras la comida entre las 13 y 14 horas (*Lunch in*). En el tráfico descendente cabe destacar un pico en la hora de salida para la comida sobre las 12 horas (*Lunch out*), y el más crítico de todos que corresponde a la hora de salida del personal sobre las 18 horas (*Down-Peak*).

Aunque como muestra la figura 5.1, el momento más crítico sería el tráfico descendente a la hora de salida, para la instalación de estudio se va a considerar como tráfico más restrictivo el de entrada del personal. Esta consideración es debida a que el gráfico se corresponde con un edificio de oficinas de una sola entidad y el edificio del que se parte es de varias entidades. Esta diferencia hace que al tener diferentes

Modernización de una instalación de ascensores

compañías operando en el mismo edificio, la hora de salida no sea la misma para todos. La hora de entrada tampoco tiene porque ser la misma, pero el horario de entrada siempre se asemeja más entre diferentes compañías que el de salida. Por lo tanto el estudio de tráfico estará basado en una situación *Up-Peak* o *tráfico de distribución* (llenado del edificio).

El cálculo de tráfico se basa inicialmente en la determinación del tiempo de un ciclo de rotación del ascensor en el caso de *tráfico de distribución*. El ciclo de rotación del ascensor tiene en cuenta todas las maniobras desde que el ascensor se encuentra en planta y comienza la apertura de puerta para la entrada de pasajeros, pasando por la distribución de los pasajeros por las plantas de destino, y finaliza cuando el ascensor baja desde la planta más alta marcada en el panel de mando hasta la planta principal.

Conociendo el ciclo de rotación del ascensor se puede determinar los dos parámetros que determinaran la calidad y la capacidad del servicio prestado por los ascensores. Estos dos parámetros son:

- A. **Calidad del servicio a prestar**, definido por el parámetro “intervalo de salida” que transcurre entre dos llegadas sucesivas a un mismo acceso.
- B. **Capacidad del servicio**, definido por el “porcentaje en cinco minutos” de la población total a transportar.

El concepto “Intervalo de salida” es de tipo cualitativo, es decir, da una impresión de la instalación del ascensor a los usuarios en cuanto a la fluidez del tráfico y se determina como el tiempo de ciclo de rotación definido con anterioridad, dividido entre el número de ascensores que funcionan conjuntamente en la misma maniobra y mismo grupo.

Por el contrario el concepto de “Porcentaje en 5 minutos” es cuantitativo y nos da la capacidad que tienen el conjunto de ascensores para transportar un número de pasajeros en un margen de 5 minutos. La elección de 5 minutos como margen se puede explicar con ayuda de la figura 5.2, que muestra la tasa de llegadas según se acerca la hora marcada de entrada. La mayoría de los empleados de las distintas compañías suelen llegar antes de la hora marcada de entrada, por este motivo baja la tasa justo antes de la hora de entrada. Se observa que el máximo de la tasa de llegada se alcanza en un margen de tiempo de 5 minutos, y por lo tanto esta será la situación más crítica.

Modernización de una instalación de ascensores

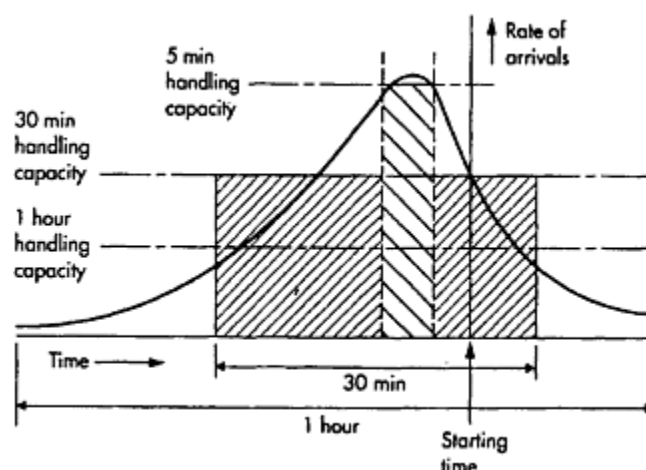


Figura 5.2 Tasa de llegada de pasajeros una hora antes del inicio [27]

Con ambos índices, como resultado final del estudio de tráfico, se valorará si la instalación cumple con los requisitos exigidos para una instalación en un edificio de estas características. Para el cálculo de tráfico se consideran como datos de partida y exigidos por el pliego técnico los expuestos en la tabla 5.5.1.

Tabla 5.1 Datos de partida del estudio de trafico

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6		
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30
Población (personas)	586	546	546	586	323	323	571	571	571	598	598	664	426	426	426	422	422	422
Velocidad (m/s)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Carga (personas)	10	10	10	10	10	10	12	12	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Aceleración (m/s ²)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Recorrido (cm)	7323	9534	9534	7323	6125	6125	3639	3639	3639	5980	5980	6382	8685	8685	9470	8664	8664	8664
Metros ² / Planta	293	210	210	293	190	190	571	571	571	664	664	664	185	185	185	192	192	192
Paradas por encima principal (N)	20	26	26	20	17	17	10	10	10	9	9	9	23	23	23	22	22	22

La población a la que asiste cada ascensor se ha determinado mediante la siguiente expresión:

$$Poblacion = \frac{m^2}{planta} * \frac{personas}{m^2} * N \quad (5.1)$$

donde N es el número de plantas por encima de la planta principal, el valor de personas por metro cuadrado es de 0,1 y el de metros cuadrados por planta se obtiene de la figura 5.3.

Modernización de una instalación de ascensores

	Número de plantas servidas por el ascensores sin contar sótanos																m ² construidos por planta > nº y equipo ascensor	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Nº Equipo
Superficie media construida En cada planta en m ²	669	480	388	288	234	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	2 ITA 2
	883	633	479	379	310	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	2 ITA 3
	993	724	555	445	369	311	266	234	205	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	2 ITA 4
	1364	1073	738	585	478	388	343	298	261	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	2 ITA 5
	↖	↖	↖	↖	↖	443	380	331	296	263	236	215	↖	↖	↖	↖	↖	2 ITA 6
	↖	↖	↖	↖	↖	539	459	396	349	310	276	250	↖	↖	↖	↖	↖	2 ITA 7
	1001	719	551	431	351	291	246	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	3 ITA 2
	1324	948	719	569	465	388	330	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	3 ITA 3
	1489	1086	834	668	553	466	400	349	308	271	246	220	↖	↖	↖	↖	↖	3 ITA 4
	2050	1600	1106	876	716	601	514	445	393	348	313	281	↖	↖	↖	↖	↖	3 ITA 5
	↖	↖	↖	↖	↖	664	571	498	444	394	365	321	294	270	249	232	215	3 ITA 6
	↖	↖	↖	↖	↖	808	688	596	523	465	415	375	341	311	286	265	246	3 ITA 7
	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	483	428	388	353	324	298	275	256	3 ITA 8
	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	4 ITA 3
	↖	↖	↖	↖	620	519	440	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	4 ITA 4
	↖	↖	↖	↖	738	621	534	466	409	364	326	294	↖	↖	↖	↖	↖	4 ITA 5
	↖	↖	↖	↖	954	774	685	594	523	465	416	375	↖	↖	↖	↖	↖	4 ITA 6
	↖	↖	↖	↖	↖	886	760	663	591	525	473	427	393	360	331	308	288	4 ITA 7
	↖	↖	↖	↖	↖	1076	918	795	698	619	564	499	455	415	383	354	329	4 ITA 8
	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	636	571	516	470	430	396	366	341	4 ITA 8
	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	6 ITA 4
	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	513	546	490	441	↖	↖	↖	↖	6 ITA 5
	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	784	696	625	564	↖	↖	↖	↖	6 ITA 6
	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	888	788	709	644	581	540	498	460	6 ITA 7
	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	1045	928	830	760	683	623	573	530	6 ITA 8
	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	↖	956	866	774	705	645	594	549	6 ITA 8

↖ Equipo excesivo
↗ Equipo insuficiente

Figura 5.3 Metros cuadrados construidos por planta [28]

A partir de todos estos datos de partida se debe calcular el ciclo de rotación. El tiempo que emplea el ascensor para llevar a cabo este ciclo de rotación se conoce como *tiempo total de viaje*. Este tiempo se define como:

$$RTT = 2 \cdot H \cdot t_v + (S + 1) \cdot t_s + 2 \cdot f_p \cdot P \cdot t_p \quad (5.2)$$

Los tres sumandos corresponden al tiempo de marcha, el tiempo medio perdido en cada parada y el tiempo perdido en la entrada y salida de los pasajeros. A continuación se explican los pasos a seguir para calcular cada uno de ellos [29].

H es la planta media servida a mayor altitud y que corresponde al número probable de pisos sobre la planta principal que recorrerá el ascensor en horas pico. S es las paradas probables que corresponde al número probable de veces que un ascensor se detendrá durante su viaje

ascendente o descendente, según sean las condiciones de tráfico, en los pisos situados por encima de la planta principal en un viaje completo. Cada uno de estos dos valores se determina mediante las expresiones siguientes:

$$S = N \cdot \left(1 - \left(\frac{N-1}{N} \right)^P \right) \quad (5.3)$$

$$H = N - \sum_{i=1}^{N-1} \left(\frac{i}{N} \right)^P \quad (5.4)$$

También se puede estimar su valor mediante [30]. En el tercer sumando de la ecuación 5.2, f_p se corresponde al factor de llenado de la cabina el cual se ha tomado como el 80%.

Modernización de una instalación de ascensores

1) Tiempo de marcha

Este es el tiempo que emplea el ascensor entre dos pisos consecutivos a su velocidad nominal. Por tanto este tiempo será igual al cociente de la distancia media entre plantas y la velocidad nominal:

$$t_v = \frac{d_p}{v} \quad (5.5)$$

La distancia media entre plantas, d_p , que se ha tomado es de 3,3 metros.

2) Tiempo en parada

El tiempo de parada es el tiempo perdido en cada parada, desde que la cabina se detiene y abre sus puertas hasta que vuelven a estar completamente cerradas. Este tiempo es igual al tiempo necesario para abrir y cerrar las puertas (t_o y t_c) más el tiempo que tarda el ascensor en viajar hasta la siguiente planta contigua desde que las puertas se bloquean hasta que el ascensor se detiene (t_f) menos el tiempo necesitado para recorrer dos plantas contiguas a velocidad constante (t_v).

$$t_s = t_o + t_c + t_f - t_v \quad (5.6)$$

El tiempo de apertura y cierre de las puertas viene dado por el tipo de puerta escogida, y el tiempo de trayectoria por la tabla 5.2[31].

Tabla 5.2 Tiempo de trayectoria

Velocidad nominal (m/s)	Aceleración (m/s ²)	Tiempo de trayectoria (s)
< 1,0	0,4	10,0
1,0	0,4 - 0,7	7,0
1,6	0,7 - 0,8	6,0
2,50	0,8 - 0,9	5,5
3,15	1,0	5,0
5,0	1,2 - 1,5	4,5
6,0	1,5	4,3
> 6,0	1,5	4,3

3) Tiempo entrada/salida

El tiempo de entrada/salida depende de la capacidad de la cabina, la configuración de la cabina, la anchura de las puertas de acceso y el destino del edificio. Según [32], este tiempo debe estar entre 1,2 y 2 segundos por pasajero tomando el mismo tiempo para entrada como para salida de pasajeros. Por las características de la instalación se ha tomado un valor de 1,6 segundos.

El tiempo total de ciclo de rotación del ascensor viene dado por la tabla 5.3, al igual que todos los tiempos y variables descritos en este capítulo.

Modernización de una instalación de ascensores

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6		
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30
S	6,7	7,0	7,0	6,7	6,5	6,5	6,4	6,4	6,4	5,5	5,5	5,7	6,9	6,9	6,9	6,8	6,8	6,8
H	18,2	24,1	24,1	18,2	15,6	15,6	9,4	9,4	9,4	8,4	8,4	9,3	20,9	20,9	20,9	20,0	20,0	20,0
Tv	34,3	45,4	45,4	34,3	34,3	34,3	31,0	31,0	31,0	18,5	18,5	20,5	39,4	39,4	39,4	37,7	37,7	37,7
Tiempo marcha (tv)	0,9	0,9	0,9	0,9	1,1	1,1	1,7	1,7	1,7	1,1	1,1	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Factor de recorrido	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	1,00	1,00	1,00	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Tiempo de garage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
Ts	58,2	60,5	60,5	58,2	57,0	57,0	52,2	52,2	52,2	49,4	49,4	50,9	58,1	58,1	58,1	57,4	57,4	57,4
Tiempo en cada parada (ts)	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,1	7,1	7,1	7,6	7,6	7,6	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Abrir (to)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Cerrar (tc)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Trayectoria (tf)	4,9	4,9	4,9	4,9	5,1	5,1	5,5	5,5	5,5	5,1	5,1	5,1	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Tp	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	30,7	30,7	30,7	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6
Tiempo entrada/salida (tp)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Tiempo Total de viaje	111,7	125,1	125,1	111,7	110,5	110,5	106,2	106,2	106,2	87,1	87,1	90,6	116,7	116,7	126,7	114,3	114,3	114,3

Tabla 5.3 Tiempos del ciclo de rotación

Una vez determinado el tiempo que tarda cada ascensor en realizar un ciclo, se ha de determinar el valor de los intervalos y las capacidades de cada uno de ellos. El intervalo se determina dividiendo el tiempo total entre el número de ascensores del mismo grupo, y la capacidad a través de la expresión siguiente:

$$CT = \frac{f_p \cdot n \cdot P \cdot 5 \cdot 60 \cdot 100}{RTT \cdot U} \% \quad (5.7)$$

Donde n es el número de ascensores que actúan con la misma maniobra y en el mismo grupo, U la población a la que da servicio el ascensor y P el número de personas que puede transportar.

El resultado de tanto de la capacidad como del tiempo de espera se muestran en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Capacidad y Tiempo de espera

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3			Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6		
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30
Intervalo	29,53	32,88	32,88	29,53	58,46	58,46	37,97	37,97	37,97	31,16	31,16	32,33	41,04	41,04	44,38	40,23	40,23	40,23
Capacidad (12-14%)																		
5 minutos	13,9	13,4	13,4	13,9	12,7	12,7	13,3	13,3	13,3	12,9	12,9	11,2	13,7	13,7	12,7	14,1	14,1	14,1
Tiempo de espera (24-30s)																		
55%	16,2	18,1	18,1	16,2	32,2	32,2	20,9	20,9	20,9	17,1	17,1	17,8	22,6	22,6	24,4	22,1	22,1	22,1
75%	22,1	24,7	24,7	22,1	43,8	43,8	28,5	28,5	28,5	23,4	23,4	24,2	30,8	30,8	33,3	30,2	30,2	30,2

El tiempo de espera representa el máximo tiempo que debe de esperar un pasajero desde que pulsa el botón hasta que monta en un ascensor. Este tiempo va desde 0 cuando el pasajero encuentra el ascensor en la planta desde la que se dispone a salir a como máximo el intervalo. Para edificios como el de estudio se estima un tiempo de espera entre el 55 y 75 por ciento del intervalo. El valor del tiempo de espera deseable para edificios de oficinas de varias entidades está entre 24 y 30 segundos, y por lo

Modernización de una instalación de ascensores

tanto los resultados obtenidos son aceptables exceptuando los del grupo 2, y el 25 del grupo 5. El resultado de tiempo de espera muy elevado para estos ascensores es un poco engañoso ya que hay muchos ascensores que dan servicio a las mismas plantas y no se ha tenido en cuenta al calcular este tiempo. Debido a este motivo se puede justificar que los ascensores antes citados tengan un tiempo de espera elevado y el resto tengan un valor muy bajo. En la tabla 4.5 se muestra un promedio de los tiempos de espera de los ascensores que dar servicio a las mismas plantas y así se podrá evaluar el resultado con más exactitud.

Tabla 5.5 Ascensor con el mismo servicio

Promedio	Ascensores 8, 11, 14, 15, 20, 21, 22	Ascensores 9, 10, 23, 24, 25, 28, 29, 30
55%	21,3	21,5
75%	29,0	29,3

Al estimar el tiempo de espera que ofrecen los ascensores con el mismo servicio de plantas, se puede observar que ambos grupos tienen un tiempo de espera que no supera los 24 segundos para el 55% del intervalo, y es inferior a 30 segundos para el 75%, y por lo tanto el resultado ahora si es el esperado.

La capacidad de transporte deseable para estos ascensores está entre el 12 y el 14 por ciento. En todos los ascensores se cumple con este requisito, lo que demuestra que la instalación sería capaz de transportar a la población del edificio durante los 5 minutos más críticos de una jornada laboral.

El estudio de tráfico para el ascensor de “Reyes” no se ha llevado a cabo ya que es un ascensor de uso restringido y su exigencia no será de la misma dimensión que los ascensores estudiados. Por lo tanto este ascensor siempre estará disponible para su uso cuando alguien lo solicite.

Capítulo 6: Estudio Energético

La búsqueda de la eficiencia energética se ha convertido en uno de los principales objetivos de la industria ascensorista mundial. Esto es debido, por una parte, a una mayor concienciación medioambiental, y por otra, a la necesidad de reducir la factura eléctrica del ascensor, en un contexto económico en que los propietarios buscan ahorrar hasta el último céntimo.

En este capítulo se estudiara como conseguir una instalación más eficiente, las tendencias actuales al respecto, la actual calificación de ascensores en función de su consumo energético (Certificación VDI), y se estimara la ganancia energética de la nueva instalación en comparación con la instalación anterior.

6.1 Certificación VDI

VDI4707 es una medición estándar sobre consumo energético en ascensores que fue establecida en marzo de 2009 por la Asociación de Ingenieros Alemanes. Este estándar es el que más se está utilizando en Europa por las empresas de ascensores para certificar la eficiencia energética de sus productos. De este modo se clasifican los ascensores como A, B, C, D, etc., según su eficiencia energética, siendo A la mejor clasificación posible y G la peor.



Figura 6.1 Etiqueta de certificación VDI [33]

Este es el modelo de etiqueta de certificación VDI; en la izquierda, en diferentes colores, aparecen todas las posibles clasificaciones energéticas, y a la derecha, en un tamaño más grande y a la altura correspondiente, aparece la letra que indica la categoría lograda.

Modernización de una instalación de ascensores

El estándar VDI4707 establece cinco categorías distintas en función de la intensidad de uso del ascensor: desde un uso residencial con escaso tráfico hasta un uso muy intensivo con alta densidad de tráfico.

Esta medición valora el consumo energético en "stand by" o espera (cuando el ascensor no está siendo utilizado) y el consumo en funcionamiento. De este modo en la categoría de uso 1 (escaso tráfico), lo que más pesa es el consumo en espera, mientras que en la categoría de uso 5 (tráfico muy intenso), lo que más pesa es el consumo en funcionamiento.

6.2 Eficiencia Energética

El análisis de consumo de energía es una tarea difícil debido al gran número de factores que influyen en el consumo energético del ascensor como pueden ser: la capacidad, velocidad, el tipo de tecnología utilizada, el peso de la cabina, la frecuencia de uso, etc., si bien uno de los factores más determinantes en el consumo energético del ascensor es la existencia o no de contrapeso lo que provoca una gran desventaja de los ascensores hidráulicos frente a los electromecánicos, ya que los costes de explotación son mayores al consumir una mayor cantidad de energía y necesitar una mayor potencia contratada.

En las figuras 6.2 y 6.3 se muestran las curvas características de la maniobra de un ascensor eléctrico y uno hidráulico respectivamente.

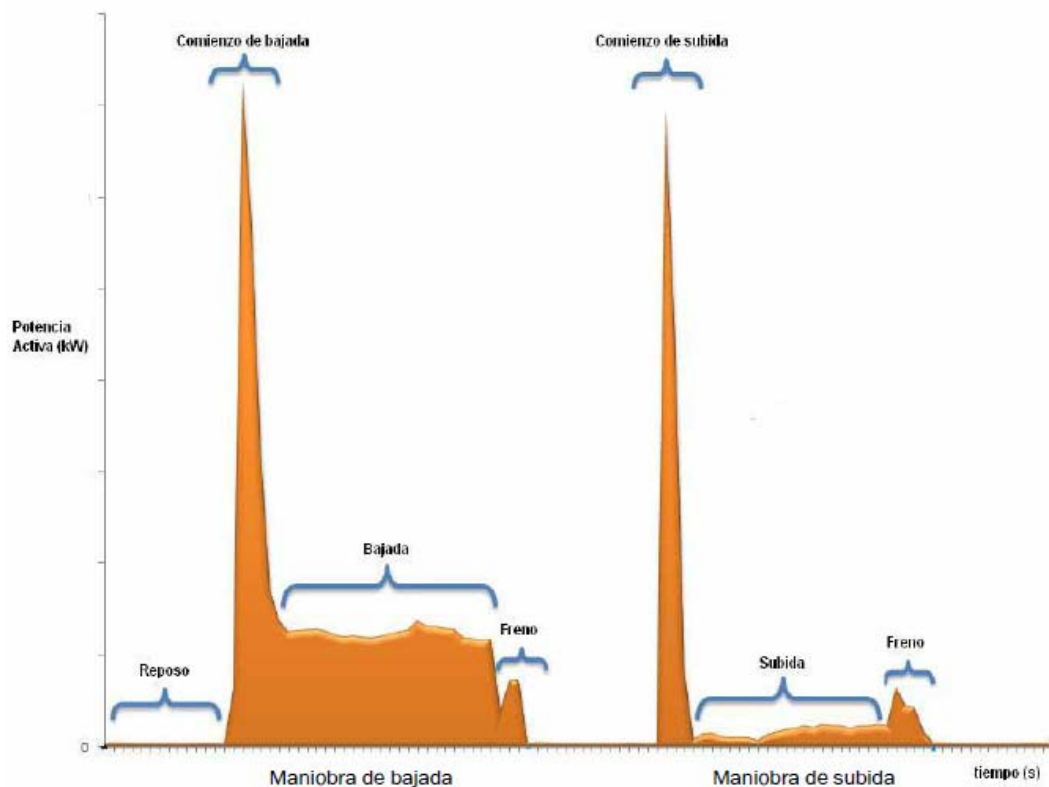


Figura 6.2 Curva típica de consumo de un ascensor eléctrico [34]

Modernización de una instalación de ascensores

En el arranque, tanto en la subida como en la bajada se produce un pico de demanda de potencia siempre que exista diferencia de peso entre la masa total de la cabina y la del contrapeso. Durante el viaje el consumo se mantiene prácticamente constante (a velocidad constante) para vencer la diferencia de energía potencial, el rozamiento con el aire de la cabina y el contrapeso, y las pérdidas mecánicas en la máquina de tracción y sistema de guiado. Durante el periodo de reposo el consumo es constante y se produce principalmente en el sistema de iluminación y en el sistema de control. El consumo durante el periodo de reposo es muy importante su reducción ya que a lo largo de un día un ascensor permanece el 80% del tiempo en este estado.

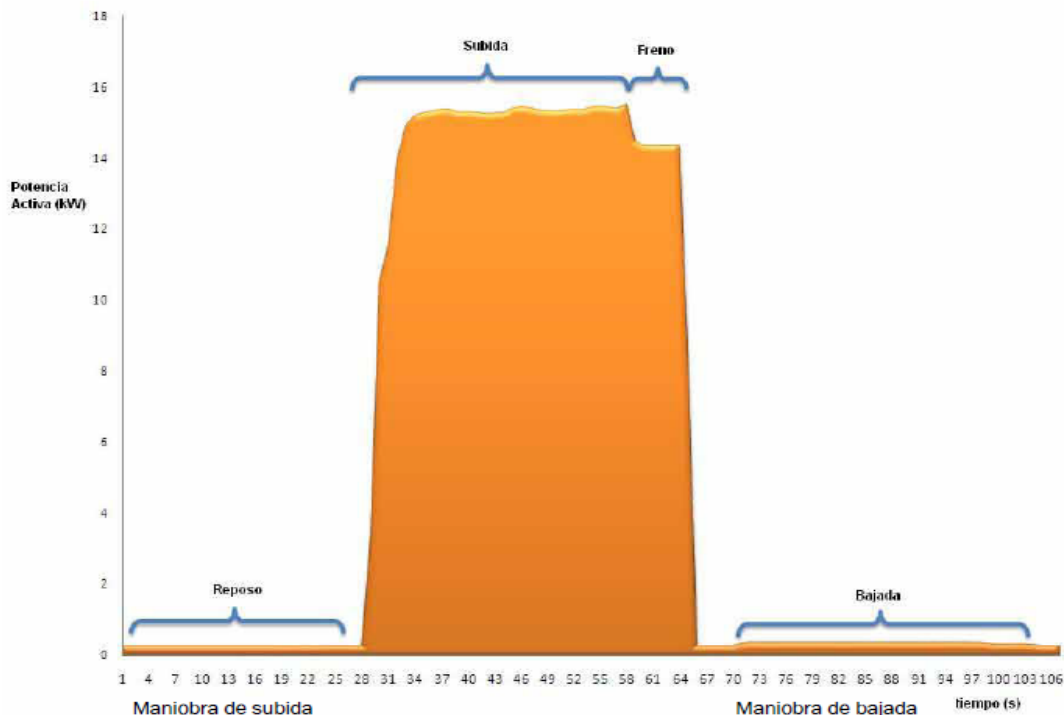


Figura 6.3 Curva típica de consumo de un ascensor hidráulico

En la subida el ascensor hidráulico demanda una potencia elevada al tener que vencer el peso de la cabina más la carga. La demanda de potencia es prácticamente constante durante el viaje y corresponde casi en su totalidad a la potencia absorbida por el grupo de presión de aceite que impulsa el émbolo. En la bajada el consumo es inapreciable e igual a la demanda en reposo más el pequeño consumo del solenoide que acciona la electroválvula de descarga de aceite del embolo al tanque. Durante el reposo el consumo es similar al del ascensor electromecánico y depende únicamente de la potencia demandada por el sistema de iluminación y el sistema de control.

De este análisis del consumo energético durante una maniobra, y centrándose en los ascensores eléctricos, ya que son los que se van a montar en la instalación de estudio; se deduce que el consumo de un ascensor dependerá principalmente del sistema de iluminación y la actuación de la máquina. El sistema de control también tiene importancia en el consumo pero los más importantes y los cuales se van a detallar en este capítulo son los dos elementos citados.

6.2.1 Motores *Gearless* y variadores de frecuencia

Gracias a la introducción de la tecnología *Gearless* y el uso de variadores de frecuencia para el control de la velocidad de cabina, el rendimiento del conjunto de tracción ha aumentado notablemente comparado con los motores con reductor.

El variador de frecuencia es un sistema que consiste en la aplicación de una tensión variable a un motor de tracción de corriente continua. Este motor tiene la ventaja de producir un par variable capaz de acelerar suavemente la masa de un ascensor hasta su velocidad nominal y de absorber su energía por recuperación durante el período de deceleración hasta la parada, lo que se realiza sin ayuda de un freno mecánico y permite recuperar la mayor parte de la energía invertida y devolverla a la red. El conjunto abarca el motor de tracción y los dispositivos para transmitir el movimiento del ascensor. En la figura 6.4 se muestran dos modelos de variadores de frecuencia.



Figura 6.4 Variadores de frecuencia [35]

Los motores *Gearless* son unos motores síncronos, que disponen de unos imanes permanentes de alta capacidad magnética y cuyo objetivo, es incrementar al máximo el par del motor a bajas velocidades, utilizando la mínima potencia. De esta manera se reduce los picos de consumo en cada arrancada de la máquina, mostrados en la figura 5.2. Al reducir estos “picos”, el consumo de energía es más estable cuando el número de paradas es muy elevado, y así se consigue aumentar la eficiencia del conjunto.

6.2.2 Tecnología LED y tendencias actuales

Para reducir el consumo de energía de la iluminación en cabina de instalaciones como la que se está estudiando, se está optando por la sustitución de los tradicionales tubos halógenos o fluorescentes por placas de LEDs.

Las previsiones de crecimiento de la iluminación LED son espectaculares. Se estima que esta tecnología alcanzará en España un volumen de negocio de 250 millones de euros en 2013, frente a los 60 millones que facturó en 2010. Además, en los próximos dos años, la sustitución de lámparas en el hogar y centros de trabajo crecerá un 1.025% y generará unos beneficios de 90 millones de euros, mientras que las aplicaciones de alumbrado exterior lo harán en un 316% [36].

Modernización de una instalación de ascensores

La iluminación LED en el interior de la cabina es, por otra parte, un importante factor de confort para el viajero, puesto que no genera calor y brilla más que una bombilla, ya que la luz no se concentra en un solo punto. Y este es otro de los factores que juega a favor de la tecnología LED.

El único hándicap es, de momento, el precio, ya que la iluminación LED es más cara que las lámparas halógenas o fluorescentes, por lo que suele hallarse en ascensores de alta gama. Ciertamente, ya son varias las comunidades autónomas que han creado líneas de ayuda para mejorar la eficiencia energética de los ascensores, mediante la implantación de iluminaciones de bajo consumo [37].

Las principales ventajas de la instalación de la iluminación de cabina con LEDs son:

- Ahorro energético.
- Duración.
- Confort (ausencia de calor).
- Alta eficiencia luminosa.
- Arranque inmediato y ausencia de parpadeo.

Dentro de los avances más importantes actualmente disponibles en el mercado, destaca el plafón de LED combinado con iluminación de emergencia. Este sistema incluye un módulo inteligente que permite que, en caso de fallo de suministro eléctrico, entre en acción la alimentación mediante una batería, manteniendo un mínimo de 10 luxes en el suelo de cabina durante 3 horas. También comprende un sistema mediante el cual el plafón de LED está apagado cuando las puertas están cerradas y el ascensor parado. Cuando se abren las puertas de cabina, se puede graduar unos niveles de entre el 10% y el 50% de la iluminación total del plafón para ahorrar energía, y cuando el usuario pulsa la botonera y el ascensor se pone en movimiento, el nivel de luminosidad llega al 100%, superando los 150 luxes en suelo de cabina, bastante por encima del mínimo marcado por Industria [38].

Las principales soluciones LED para ascensores disponibles en el mercado son:

- Bombillas:
 - Formatos estándar del mercado: GU10, MR16, E27 (figura 6.4).
 - Ángulos de visión de 50 o 120 grados.
 - LEDs SMD para una mejor eficiencia térmica.
 - Mismo brillo que las bombillas halógenas de 40W con un consumo 8 veces inferior.



Figura 6.4 Modelos de bombillas LEDs [39]

- Tubos BI-PIN:
 - Soluciones para corriente alterna y continua disponibles.
 - Disponibilidad de diferentes dimensiones estándar.
 - Totalmente alternativos a los tubos actuales con un 50% de reducción de consumo.



Figura 6.5 Modelo de tubo BI-PIN

- Ojos de Buey:
 - Soluciones acabadas de 8W a 30W.
 - Diferentes diámetros disponibles.
 - LEDs Nichia® de alta calidad.
 - Sistema con difusor de luz para evitar deslumbramientos.



Figura 6.6 Modelo de Ojo de Buey

Modernización de una instalación de ascensores

6.2.3 Calculo Energético

Actualmente, no existe aún ningún método fiable y de consenso para evaluar el consumo de energía total de un ascensor. Hasta fecha de hoy, diferentes métodos han sido propuestos pero apenas alguno ha sido utilizado minoritariamente en el sector. En este contexto, el comité ISO25745 está trabajando actualmente en una norma internacional que resuelva este vacío normativo existente.

El comité ISO TC178 WG10 propuso dos métodos de cálculo a través de las diferentes versiones de la norma ISO / DIS 25745-1. El primero de los métodos es muy complejo y se ha optado por el uso del segundo método que es mucho más simple.

El segundo método propuesto [40] tiene como objetivo principal simplificar el cálculo mediante la eliminación de todos aquellos parámetros que no recibieron una aprobación general por parte de los expertos, por lo tanto es un método algo más impreciso:

$$E_L = \frac{S \cdot P \cdot t_h}{4} + E_{ilum} \quad (6.1)$$

donde E_L es la energía consumida por un ascensor en un año en kWh, S es el número de viajes al año, P es la potencia del motor (kW), t_h tiempo de viaje entre la entrada principal y el piso más alto desde el instante que las puertas se han cerrado hasta que comienzan a abrirse. Por simplicidad para este cálculo, se supone que los tiempos de viajes son los mismos para la instalación existente y la nueva instalación, así como el uso de los ascensores (número de viajes al año).

La energía consumida por la iluminación de la cabina se ha estimado como el producto de la potencia de iluminación de la cabina y el tiempo de iluminación al año. El tiempo de iluminación de la instalación existente será de 24 horas al día al no disponer de desconexión automática. Para la nueva instalación el número de viajes al año y el tiempo de iluminación se obtienen de la tabla 6.1 y 6.2, respectivamente.

Tabla 6.1 Viajes al año

(S) VIAJES AÑO
<i>Teniendo en cuenta el tipo de edificio y de ascensores existentes.</i>
Muy baja utilización S = 36.500 viajes/año. Edificios residenciales hasta 6 viviendas.
Baja utilización S = 73.000 viajes/año. Edificios residenciales hasta 20 viviendas, edificios de oficinas hasta 5 plantas, pequeños hoteles.
Media utilización S = 109.500 viajes/año. Edificios residenciales hasta 50 viviendas, edificios de oficinas hasta 10 plantas, hoteles.
Alta utilización S = 273.750 viajes/año. Edificios residenciales con mas de 50 viviendas. Edificios de oficinas de más de 10 plantas. Grandes hoteles. Hospitales
Muy alta utilización S = 365.000 viajes/año. Edificios de oficinas de mas de 100m de recorrido. Grandes hospitales.

Modernización de una instalación de ascensores

Tabla 6.2 Tiempo de iluminación de alumbrado

TIEMPO DE ALUMBRADO
Desconexión automática:
Muy baja utilización (36.500 viajes/año) 0,2 horas/día.
Baja utilización (73.000 viajes/año) 0,5 horas/día
Media utilización (109.500 viajes/año) 1,5 horas/día
Alta utilización (273.750 viajes/año) 3 horas/día
Muy alta utilización (365.000 viajes/año) 6 horas/día
Sin desconexión automática: 24 horas/día

El edificio objetivo de este proyecto se ha catalogado como un edificio de alta utilización, al ser un edificio de oficinas de más de 10 plantas pero sin llegar a los 100 metros de recorrido (recorrido mayor el de los ascensores 9 y 10 de 95,3 metros).

El resultado obtenido de este estudio se muestra en la tabla 6.3. En esta tabla, se puede observar la comparación del consumo energético entre la instalación existente y la nueva. Con la nueva instalación se consigue una reducción en el consumo del 20%. Este ahorro energético viene dado en mayor medida por la disminución de gasto en el consumo de la máquina que supone el 90% de la reducción. El otro 10% se corresponde a la sustitución de los fluorescentes ya anticuados por placas de LED (2,5%) que consumen menos potencia y además están dotados de desconexión automática (7,5%).

Tabla 6.3 Resultados del Estudio Energético

	Grupo 1				Grupo 2				Grupo 3				Grupo 4				Grupo 5				Grupo 6			
	8	9	10	11	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	28	29	30						
S: viajes año	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750	273750
Th: tiempo de viaje (s)	20,9	27,2	27,2	20,9	20,4	20,4	18,2	18,2	18,2	19,9	19,9	21,3	24,8	24,8	27,1	32	32	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8
P: potencia (Kw) "Máquina Existente"	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
E elevación (Kwh/año) Antes	12728	16571	16571	12728	12420	12420	11067	11067	11067	12125	12125	12340	15095	15095	16453	15058	15058	15058	15058	15058	15058	15058	15058	15058
P: potencia (Kw) "Nueva máquina"	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
E elevación (Kwh/año) Despues	10342	13464	13464	10342	10091	10091	8992	8992	8992	9852	9852	10514	12265	12265	13373	12235	12235	12235	12235	12235	12235	12235	12235	12235
% Mejora Energetica Maquina	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%	18,8%
Potencia alumbrado (V) Antes	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Alumbrado con desconexión automática	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Tiempo alumbrado (h/día) Antes	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Estandby (Kwh/año) Antes	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315	315
Potencia alumbrado (V) Despues	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Alumbrado con desconexión automática	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Tiempo alumbrado (h/día) Despues	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Estandby (Kwh/año) Despues	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33	15,33
% Mejora Energetica Iluminacion	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%	95,1%
EL: energía utilizada por el ascensor en un año (Kwh/año)	13043	16886	16886	13043	12735	12735	11382	11382	11382	12440	12440	13256	15411	15411	16774	15373	15373	15373	15373	15373	15373	15373	15373	15373
EL: energía utilizada por el ascensor en un año (Kwh/año)	10357	13479	13479	10357	10107	10107	9007	9007	9007	9867	9867	10529	12280	12280	13388	12250	12250	12250	12250	12250	12250	12250	12250	12250
% Mejora Energetica Total	20,6%	20,2%	20,2%	20,6%	20,6%	20,6%	20,9%	20,9%	20,9%	20,7%	20,7%	20,6%	20,3%	20,3%	20,2%	20,3%	20,3%	20,3%	20,3%	20,3%	20,3%	20,3%	20,3%	20,3%

Junto a esta reducción del consumo energética va ligada un ahorro económico que se estima a continuación. Si el coste de un kWh es aproximadamente de 0,142319 € sin discriminación horaria, y el ahorro energético es de 2686 kWh al año, la propiedad del edificio verá reducida su factura de la luz en 382,26 € al año.

Capítulo 7: Propuesta Económica

Para dar por concluido el proyecto, y al ser un proyecto que debe competir con otros ofrecidos por empresas competidoras, es muy importante resaltar el coste de toda la instalación. En este capítulo se presentara un presupuesto aproximado del precio de venta de los ascensores a instalar.

En el presupuesto se detalla el precio de los materiales necesarios para cada ascensor y las horas de mano de obra que están estipuladas para el desmontaje de los elementos existentes y el montaje de la nueva instalación. Los materiales nuevos a instalar son los siguientes:

- Motores *Gearless* FMR355.
- Variadores de frecuencia.
- Cuadros de Maniobra Colectiva-Selectiva.
- Pesacargas en cables.
- Botoneras de cabina y planta.
- Servitel e intercomunicador cabina-sala de máquinas.
- Indicadores digitales de seguimiento de cabina.
- Cables de suspensión y de compensación.
- Limitadores de velocidad de cabina.
- Cables del limitador.
- Puertas de piso.
- Puertas de cabina.
- Cortina óptica.
- Rodaderas de cabina y contrapeso.
- Lobby Visión para los 19 ascensores.
- Guías de cabina y contrapeso.
- Amortiguadores.
- Poleas.
- Cabinas y contrapesos.
- Canalizaciones eléctricas.

El precio de los materiales por ascensor así como las horas de mano de obra se muestran en la tabla 7.1 y 7.2. Además se puede observar el precio total del proyecto una vez aplicado el % de beneficio.

Modernización de una instalación de ascensores

	Grupo 1				Grupo 2		Grupo 3		
	8	9	10	11	14	15	16	17	18
Horas Totales	893	1.050	1.050	893	814	814	632	632	632
Mano Obra	26.796	31.499	31.499	26.796	24.407	24.407	18.959	18.959	18.959
Mat. Total	166.290	230.230	230.230	166.290	132.990	132.990	59.770	59.770	59.770
Mat + M.O.	193.086	261.729	261.729	193.086	157.397	157.397	78.729	78.729	78.729
Beneficio	15%								
Precio Total	222.049	300.988	300.988	222.049	181.007	181.007	90.539	90.539	90.539

Tabla7.1 Presupuesto

	Grupo 4			Grupo 5			Grupo 6			Reges	TOTALES
	20	21	22	23	24	25	28	29	30	32	
Horas Totales	641	641	647	974	974	983	952	952	952	255	15.127
Mano Obra	19.243	19.243	19.400	29.212	29.212	29.496	28.574	28.574	28.574	7.652	453.810
Mat. Total	87.030	87.030	92.630	200.570	200.570	210.650	195.070	195.070	195.070	29.300	2.731.320
Mat + M.O.	106.273	106.273	112.030	229.782	229.782	240.146	223.644	223.644	223.644	36.952	3.192.781
Beneficio	15%										
Precio Total	122.213	122.213	128.835	264.250	264.250	276.168	257.190	257.190	257.190	42.494	3.671.698

Tabla 7.2 Presupuesto

De esta tabla podemos deducir el aumento del coste de los ascensores según su recorrido y número de paradas. El recorrido influirá principalmente en los metros de guías instaladas, el número de fijaciones de guías y los cables de suspensión. Los ascensores con más paradas deberán disponer de más puertas de piso, botoneras de piso y sensores finales de carrera.

Capítulo 8: Conclusiones

8.1 Análisis de los objetivos

Para conocer si este proyecto ha satisfecho los objetivos fijados en su iniciación, en este apartado se tratara de dar una visión sobre la cumplimentación de los objetivos. A continuación se analiza cada uno de los objetivos fijados:

1) Elementos más resistentes y duraderos

Todos los elementos estructurales y de tracción estudiados a lo largo del proyecto además de cumplir con la norma UNE-EN 81, presentan unas características más elevadas que las existentes. Los elementos calculados como las guías y los cables de tracción presentan unos coeficientes de seguridad más elevados a los anteriores debido a que los nuevos elementos disponen de unas características mejores y que permiten mayores cargas con menores esfuerzos. Estas mejoras hacen que la vida a fatiga aumente notablemente al haber reducido los esfuerzos (curvas S-N).

2) Equipos más eficientes y ecológicos

Como se ha demostrado en el estudio de eficiencia energética, el consumo de energía se ha reducido en un 20% en comparación con la instalación existente, lo que demuestra que los equipos elegidos (motores y variadores de frecuencia del grupo motor, iluminación de cabina, maniobra elegida) son más eficientes. Los equipos a su vez serán más ecológicos ya que además de la ganancia energética, las maquinas Gearless al ser más silenciosas hacen que la instalación sea más respetuosa con la contaminación acústica.

3) Mayor capacidad y calidad en el servicio de transporte

Como se ha demostrado a través del estudio de tráfico, los ascensores ofrecen unos parámetros de capacidad y tiempo de espera más elevados a los mínimos establecidos para un edificio de estas características consiguiendo satisfacer el aumento de población del edificio. El aumento de estos parámetros es debido a la utilización de unos ascensores más rápidos y con una maniobra más eficiente cubriendo así el aumento de paradas y plantas del edificio.

Ambos parámetros se podían haber mejorado a través de una maniobra la cual se detallara en los posibles futuros desarrollos.

Modernización de una instalación de ascensores

4) Cumplimiento UNE-EN 81

En cada uno de los apartados del capítulo 4 de cálculos técnicos se ha corroborado el cumplimiento de cada uno de los elementos con su apartado correspondiente en la norma española.

5) Equilibrio calidad-precio

Unos de los potenciales de la compañía Schindler son la calidad en la instalación y el funcionamiento fiable de todos sus productos. Ya que este proyecto está basado en productos de esta compañía, el apartado de calidad quedaría cubierto. El precio final se ha ajustado para conseguir un precio competente con el resto de compañías que se han presentado al concurso a través de la búsqueda de elementos más económicos que ofrezcan las necesidades básicas para un edificio de estas características.

8.2 Futuros desarrollos

Dentro de este apartado se tratara de ofrecer algunas posibilidades para mejorar la instalación de ascensores que se desea instalar en este proyecto. A continuación se explicaran dos de las posibles mejoras para una futura modernización:

- Aumento de la mejora energética con la introducción de un variador de frecuencia con recuperación de energía que permita una mejor regulación de la velocidad de la cabina e incremente el ahorro energético debido a la reducción de su consumo.
- Aumento de la capacidad y calidad del servicio de transporte de pasajeros con la sustitución de la maniobra colectiva-selectiva por una maniobra Miconic 10. Esta nueva maniobra consiste en una maniobra de preasignación de llamadas en la cual, cuando una persona se dirige a usar cualquiera de los grupos de ascensores, antes de irse a unos de los ascensores el pasajero ha de marcar en un panel su piso de destino y el sistema automáticamente estima cual es el ascensor al que se debe dirigir. El sistema trata de enviar a personas que se dirigen a pisos cercanos al mismo ascensor para conseguir ahorrar tiempo y energía en los viajes.

Bibliografía

1. MUNDO ASCENSOR. *La historia del ascensor.* www.afinidadelectrica.com/articulo.php?IdArticulo=125. [Consulta el 6 de Mayo de 2012].
2. *Ascensores hidráulicos.* dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/ascensor%20hidraulico.htm [Consulta el 3 de Abril de 2012].
3. EXCELSIOR S.A. *Ascensores Gearless con/sin cuarto de máquinas.* www.ascensores-excelsior.com. [Consulta el 15 de Abril de 2012].
4. *Ascensores eléctricos.* dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/ascensor%20hidraulico.htm [Consulta el 3 de Abril de 2012].
5. Miravete, Antonio; Larradé Emilio. *El libro del transporte vertical*.
6. España. AENOR. *Accesibilidad a los ascensores de personas, incluyendo personas con discapacidad.* UNE-EN 81-70, 2004.
7. España. AENOR. *Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores.* UNE-EN_81-1=2001+A3, 2010.
8. España. AENOR. Anexo N: Evaluación del factor de seguridad de los cables de suspensión. *UNE-EN_81-1=2001+A3*, 2010.
9. España. AENOR. Capítulo 9.2: Relación entre el diámetro de poleas o tambores y el diámetro de los cables, amarres de los cables y cadenas. *UNE-EN_81-1=2001+A3*, 2010.
10. PFEIFER DRAKO. *Catálogo de cables de suspensión del modelo DRAKO 300T*.
11. España. AENOR. Capítulo 9.3: Tracción por adherencia de los cables. *UNE-EN_81-1=2001+A3*, 2010.
12. España. AENOR. Anexo M: Evaluación de la tracción. *UNE-EN_81-1=2001+A3*, 2010.

Modernización de una instalación de ascensores

13. Bangash, M.Y.H; Bangash,T. Capítulo 2:Specifications for the design of lifts or elevators.*Lifts, Elevators, Escalators and Moving Walkways/Travelators*.
14. PFEIFER DRAKO. *Catálogo de cables de compensación del modelo DRAKO FILLER B180*.
15. Bangash, M.Y.H; Bangash,T. Capítulo 5:Design analysis of lift elements and components.*Lifts, Elevators, Escalators and Moving Walkways/Travelators*.
16. Schindler. *Modelos de motores tipo FMR*. Portal interno de la compañía.
17. España. AENOR. *Capítulo 10.1: Disposiciones generales relativas a las guías.UNE-EN_81-1=2001+A3*, 2010.
18. España. AENOR. Anexo G: Calculo de guías.*UNE-EN_81-1=2001+A3*, 2010.
19. España. AENOR. Capítulo 10.1.2: Esfuerzos y flechas admisibles.*UNE-EN_81-1=2001+A3*, 2010.
20. ISO. *Measurement of lift ride quality*.ISO 18738.
21. España. AENOR. Capítulo 10.4: Carrera de los amortiguadores de cabina y contrapeso.*UNE-EN_81-1=2001+A3*, 2010.
22. OLEO. *Catálogo de amortiguadores de la serie LB*.
23. España. AENOR. Anexo L: Carrera requerida de los amortiguadores. *UNE-EN_81-1=2001+A3*, 2010.
24. WEFORMA S.A. *Topes de amortiguadores para ascensores*. <http://www.weforma.com> [Consulta el 20 de Mayo de 2012].
25. España. AENOR. Capítulo 5.7: Parte superior del hueco y foso.*UNE-EN_81-1=2001+A3*, 2010.
26. España. AENOR. Anexo K: Distancias de seguridad en la parte superior del hueco para ascensores de tracción por adherencia. *UNE-EN_81-1=2001+A3*, 2010.
27. Barney, B. C. Capítulo 4: Principles of lift traffic design. *Elevator Traffic Handbook: Theory and practice*.

Modernización de una instalación de ascensores

28. España. Ministerio de la vivienda. *Normas Tecnológicas de la Edificación*. NTE-ITA/1973.
29. Bangash, M.Y.H; Bangash,T. Capítulo 6: Lift/elevator travel analysis. *Lifts, Elevators, Escalators and Moving Walkways/Travelators*.
30. Barney, B. C. Tabla 5.1: Values of H and S for EN-81 rated capacities. *Elevator Traffic Handbook: Theory and practice*.
31. Barney, B. C. Tabla 5.3: Typical lift dynamics. *Elevator Traffic Handbook: Theory and practice*.
32. ISO. *Levantamientos y montacargas*. ISO 4190-6.
33. OTIS S.A. *Certificación VDI de eficiencia energética*. www.otis.com. [Consulta el 18 de Mayo de 2012].
34. Pérez Cartón, David; Díez Martínez, Víctor. *Manual de eficiencia energética en aparatos elevadores*.
35. *Variadores de frecuencia para ascensores*. www.ascensores.ws. [Consulta el 13 de Mayo de 2012]
36. Sutelco S.A. *La iluminación LED en los ascensores*. *Revista técnico-comercial Ascensores y Montacargas*. Nº 65, 2011, p 48-50.
37. España. Comunidad de Madrid. *Plan renové de ascensores*. www.renoveascensor.com.
38. España. AENOR. *Capítulo 8.17: Alumbrado*. UNE-EN_81-1=2001+A3=2010.
39. Monolitic. *Implantación de la tecnología LED*. www.monolitic.com.
40. Instituto tecnológico de Aragón. Propuesta ITA de método de cálculo de consumo energético del ascensor. *Revista técnico-comercial Ascensores y Montacargas*. Nº 65, 2011,p. 40-46